



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FILOSOFIA

Luís Fernando Silva de Azevedo

**O PAPEL DA METAFÍSICA NA TEORIA FÍSICA DE PIERRE
DUHEM**

Maringá
2019

Luís Fernando Silva de Azevedo

**O PAPEL DA METAFÍSICA NA TEORIA FÍSICA DE PIERRE
DUHEM**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Filosofia do Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes da Universidade Estadual de Maringá, como condição parcial para a obtenção do grau de Mestre em Filosofia.

Orientador: Prof. Dr. Max Rogério Vicentini.

Maringá
2019

Luís Fernando Silva de Azevedo

**O PAPEL DA METAFÍSICA NA TEORIA FÍSICA DE PIERRE
DUHEM**

Dissertação apresentada ao programa de pós
– graduação em filosofia da Universidade
Estadual de Maringá como requisito parcial
para a obtenção do título de mestre.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Max Rogério Vicentini
Universidade Estadual de Maringá

Prof.^a Dr.^a Amélia de Jesus Oliveira
Faculdade de Filosofia João Paulo II, Marília - SP

Prof.^a Dr.^a Edna de Souza Alves
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Marília - SP

DEDICATÓRIA

Ao meu avô Gilberto Simão da Silva *in memoriam*,
à minha mãe Dulcinéia Nunes da Silva,
à minha avó Jovita Emilia Nunes da Silva,
aos demais familiares e amigos.

AGRADECIMENTOS

Ao orientador Max Rogério Vicentini pela dedicação, paciência, e por acreditar que eu seria capaz de realizar a presente dissertação.

Aos membros da banca examinadora, professores Edna de Souza Alves, Amélia de Jesus Oliveira e Vladimir Chaves dos Santos, não apenas por terem aceito o convite mas também pelas preciosas considerações sobre a dissertação.

Aos professores do Departamento de Filosofia da Universidade Estadual de Maringá, principalmente, ao Max Rogério Vicentini, Vladimir Chaves dos Santos, Patrícia Coradim Sita e Luiz Carlos André Mangia Silva por terem sido grandes professores, os quais terei sempre como referência.

Aos colegas do Grupo de pesquisa Epistêmica, pelo acolhimento e pelas valiosas discussões.

À adoção de políticas de ação afirmativa que permitiu meu acesso e permanência na Universidade Estadual de Maringá.

À secretária do Programa de Pós-Graduação em Filosofia da UEM, Rosângela Scoaris.

À minha mãe Dulcinéia, e ao meu irmão Diego, pelo apoio absoluto.

À CAPES pela bolsa que me permitiu a realização da pesquisa.

Aos meus amigos que me apoiaram direta e indiretamente.

A inteligência também me diz, à sua maneira particular, que este mundo é absurdo. Seu contrário, que é a razão cega, prefere entender que tudo está claro; eu esperava provas e desejava que ela tivesse razão. Mas, apesar de tantos séculos pretensiosos e acima de tantos homens eloquentes e persuasivos, sei que isso é falso. Nesse plano, pelo menos, não há felicidade se eu não puder saber. Essa razão universal, moral ou prática, esse determinismo, essas categorias que explicam tudo fazem o homem honesto dar risadas. Não têm nada a ver com o espírito. Negam sua verdade profunda, que é a de estar acorrentado. Nesse universo indecifrável e limitado o destino do homem ganha doravante seu sentido. Uma multidão de irracionais se ergue para rodeá-lo até o fim. Em sua clarividência recuperada e agora ajustada, o sentimento de absurdo se esclare e torna-se mais preciso. Eu dizia que o mundo é absurdo, mas ia muito depressa. Este mundo não é razoável em si mesmo, eis tudo o que se pode dizer. Porém o mais absurdo é o confronto entre o irracional e o desejo desvairado por clareza cujo apelo ressoa no mais profundo do homem.

Albert Camus

SUMÁRIO

Introdução	10
Capítulo 1 - A teoria física a partir da evolução das escolas mecânicas	16
1.1 Duhem e a história da mecânica.....	17
1.2 A mecânica.....	20
1.2.1 A mecânica peripatética.....	21
1.2.2 A mecânica cartesiana.....	24
1.2.3 A mecânica atomista.....	27
1.2.4 A mecânica newtoniana.....	28
1.3 O contexto científico de Duhem.....	30
1.4 O problema da tradição mecânica no século XIX.....	36
Capítulo 2 - A teoria física autônoma	42
2.1 A teoria física mecânica e o seu caráter explicativo.....	43
2.2 Dos limites da explicação.....	45
2.3 A necessidade de demarcação entre física e metafísica.....	50
Capítulo 3 - A teoria física como classificação natural	55
3.1 A teoria física a partir do fenômeno.....	56
3.2 Conhecimento da natureza baseado na representação da realidade.....	56
3.3 O objetivo da teoria física.....	60
3.4 A teoria física a partir do indutivismo nos primeiros trabalhos de Duhem.....	63
3.5 Objeção à indução como princípio e caminho para teoria.....	66
3.6 A impregnação teórica.....	67
3.7 Objeção à inseparabilidade entre teoria e experiência.....	69
3.8 A tese holista.....	71
3.9 A teoria física como classificação natural.....	74
CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
BIBLIOGRAFIA	86

Resumo

Um dos objetivos de Duhem em *A Teoria Física: seu objeto e sua estrutura* é distinguir o campo da metafísica do campo da física e apontar o progresso que a classificação natural das leis físicas representa para o campo científico. No que tange à demarcação entre essas duas diferentes áreas do conhecimento - física e metafísica - podemos considerar que a gênese dessa problemática é apresentada a partir da conflituosa interpretação do que seja a teoria física. Desse modo, pretendemos tratar, nesta dissertação, em primeiro lugar, do contexto [a partir do qual Duhem desenvolve suas ideias], ou seja, das tradições e dos modelos explicativos adotados pela física até então. E, em um segundo momento, buscar esclarecer e justificar a necessidade de uma demarcação epistemológica entre física e metafísica, com a finalidade de ressaltar a concepção duhemiana de teoria física. O objetivo será o de detalhar o modo como a teoria física se desenvolve segundo a perspectiva de Duhem, partindo da via que descreve os fenômenos matematicamente, os quais são objetos da classificação natural, até a obtenção de um conhecimento aproximadamente “verdadeiro” do mundo.

Metafísica Duhem

Abstract

One of Duhem's goals in *The Aim and Structure of Physical Theory* is to distinguish the field of metaphysics from the field of physics and to point out the progress that the natural classification of physical laws represents for the scientific field. Regarding the demarcation between these two different areas of knowledge - physics and metaphysics - we can assume that the genesis of this problematic is presented from the conflicting interpretation of what is physical theory. Thus, we intend to treat, in this dissertation, first, the context [from which Duhem develops his ideas], that is, the traditions and explanatory models adopted by physics until then. And, in a second moment, seek to clarify and justify the need for an epistemological demarcation between physics and metaphysics, with the purpose of highlighting the Duheminian conception of physical theory. The objective will be to detail how physical theory develops from Duhem's perspective, starting from the path that describes phenomena mathematically, which are objects of natural classification, until obtaining an approximately "true" knowledge of the world.

Introdução

Pierre Maurice Marie Duhem nasceu em 10 de junho de 1861, em Paris, e faleceu no dia 14 de setembro de 1916, na cidade de Cabrespine - Sul da França. No seu currículo escolar consta a passagem pelos melhores colégios de sua época (AMARO, 2009, p. 46) como a *École Saint Roch* e o *Collège Stanislas*. Em 1882, após seu período no Lycée, equivalente ao ensino médio do nosso sistema educacional, Duhem ingressa em primeiro lugar na seletiva *École Normale Supérieure*, na qual se forma em física.

Pierre Duhem é reconhecido como tendo realizado importantes contribuições para o desenvolvimento da física, da filosofia da ciência e da história da ciência. Contudo, obter uma classificação precisa de seus textos segundo as diferentes áreas para as quais contribuiu não é uma tarefa consensual entre seus estudiosos, haja vista que para distinguir seus escritos filosóficos de seus escritos históricos é requerido um exame detalhado de sua produção. Stoffel (1990) afirma, no que diz respeito à distinção entre os aspectos históricos e filosóficos da obra de Duhem, que:

De fato, essa distinção não é imediata, uma vez que, desde suas primeiras publicações, Duhem ilustra abundantemente suas reflexões metodológicas por meio de exemplos históricos, de modo que podemos pensar que esses são estudos históricos quando na verdade ali a perspectiva é prioritariamente filosófica (STOFFEL, 1990, p. 53).

A leitura da obra de Duhem apresenta, além da dificuldade indicada na passagem acima, que consiste em distinguir suas reflexões históricas das reflexões propriamente filosóficas, o problema de considerar adequadamente as inter-relações entre a perspectiva filosófica e a científica. A dificuldade em realizar uma identificação clara e precisa entre textos e temáticas, visto que o autor não tinha essa preocupação, transforma o estudo de suas ideias em uma tarefa de razoável complexidade.

A proposta desta pesquisa é desenvolver uma das principais questões tratadas por Duhem acerca da filosofia da ciência, qual seja, discutir o propósito da metafísica em sua concepção de teoria física. Utilizamos, para esse fim, os escritos do âmbito científico-filosófico que, segundo Stoffel (1990), podem ser divididos em dois períodos. O primeiro período vai de 1892 a 1894 e é composto dos seguintes artigos: *Quelques réflexions au sujet des théories physiques* e *Notation atomique et hypothèses atomistiques* (publicados em 1892), *L'École anglaise et les théories physiques*, *Une nouvelle théorie Du monde inorganique* e *Physique et métaphysique* (publicados em 1893); e encerra esse primeiro

período com *Quelques réflexions au sujet de la physique expérimentale* (publicado em 1894). O segundo período se situa entre 1904 e 1908 com a publicação de *La théorie physique: son objet et sa structure* (1904-1906) e o artigo *La valeur de la théorie physique* (1908).

A *Teoria Física: Seu objeto e sua estrutura*, publicado pela primeira vez em 1906 e reeditado em 1914, pode ser visto como um dos textos mais representativos da discussão duhemiana sobre filosofia da ciência, em especial ao se considerar sua inserção no debate sobre a autonomia¹ da ciência física. Na segunda edição, de 1914, acrescentam-se dois artigos já publicados, são eles: “*Physique de Croyant*” (1905) e o “*La valeur de la théorie physique*” (1908); tais obras tiveram como objetivo responder às críticas recebidas por ocasião da primeira publicação. A importância dessa obra para seu tempo pode ser medida ao notarmos, por exemplo, sua influência no Círculo de Viena - principalmente em Rudolf Carnap -; sendo também, mais tarde, uma importante influência para os “Dois Dogmas do Empirismo” (1951)² de Quine. Uma chave para a compreensão das posições sustentadas por Duhem quanto à natureza da física pode ser encontrada em sua formação. Duhem iniciou seus estudos em física e teve aulas ministradas pelo professor Jules Moutier. Segundo Duhem, seu professor Moutier era um teórico engenhoso, tinha “um senso crítico muito perspicaz e permanentemente atento, distinguia com grande segurança o ponto fraco de muitos sistemas que outros aceitavam sem contestação” (DUHEM, 1989e, p.123). A motivação herdada de Moutier para a construção da teoria física fez germinar em Duhem e seus colegas grande admiração e interesse em contribuir para o seu progresso. Sobre as tendências de seu instrutor, Duhem nos diz que:

Ora, ainda que tenha alternadamente apelado, em suas pesquisas, aos mais diversos métodos, era às tentativas de explicações mecanicistas que Moutier se voltava frequentemente com uma espécie de predileção. Como a maior parte dos teóricos de seu tempo, via em uma explicação do universo material, construída à maneira dos cartesianos e atomistas, o ideal da física. Em um de seus escritos³ não hesitou em fazer seu este pensamento de Huygens: “*Omnium effectum naturalium causae concipiuntur per rationes mechanicas, nisi velimus omnem spem abjicere aliquid in phisicis*

¹ Ciência autônoma, para Duhem, designa aquela que não se fundamenta em princípios metafísicos. A mescla entre essas áreas do conhecimento é explorada no capítulo 2, seção 2.3, desta dissertação.

² Sobre a importância de Duhem para a tradição que o sucedeu podemos tomar como referência o texto de Thomas J. Hickey, 2005, 2016, em que afirma que “*Carnap’s philosophy of science was positivist, and he and the other members of the Vienna Circle were favorably disposed to the philosophies of Mach, Poincare, and Duhem*” (HICKEY, 2016, p. 2).

³ Cf. J. Moutier, Apud. DUHEM, 1989e, p. 123. “*Sur les attractions et les répulsions des corps électrisés au point de vue de la théorie mécanique de l’électricité*”, *Annales de Chimie et de Physique*, 4^a. Série, tomo XVI.

*intelligendi*⁴”(DUHEM,1989e, p.123).

Se por um lado, Duhem e seus colegas foram influenciados por Moutier e sua convicção na verdade do mecanicismo, por outro lado, também se depararam na *École Normale* com o ceticismo de Bertin, que não poupava esforços para escarnecer as tentativas dos mecanicistas. Desse modo, as perspectivas conflitantes acerca do mecanicismo possibilitaram àqueles alunos da *École Normale* condições de discutir o modelo físico tão superestimado de outrora. As desconfianças de Bertin não eram exclusivas ao seu campo de estudo, como ressalta Duhem “a maior parte de nossos professores partilhavam de suas desconfianças a respeito das hipóteses sobre a constituição íntima da matéria” (DUHEM, 1989e,124).

Moutier, como vimos, foi um partidário do mecanicismo com quem Duhem dialogou em seu período de formação. O modelo mecânico, no qual a tradição física se apoiava, acreditava que com a realização da ciência, assim orientada, se obteria uma descrição adequada do movimento e, até mesmo, da constituição íntima da matéria (DUHEM, 1989e, p. 124).

Duhem, apoiado nos exemplos de história da ciência, constata grande diferença entre as escolas que buscavam explicar de forma adequada o movimento e tratar da constituição íntima da matéria. Por exemplo, o modo dos newtonianos, dos cartesianos, dos atomistas e dos peripatéticos conceberem o movimento, embora seguisse um caminho próprio, tinha em sua finalidade a compreensão da constituição última desse fenômeno. De maneira geral, podemos dizer que tais escolas representam os modelos mecânicos que influenciaram na constituição do modelo físico adotado no século XIX. Buscava-se estruturar a compreensão de fenômenos físicos a partir de suas regularidades, isto é, por meio da percepção dos fenômenos alcançar a realidade que os causa.

O importante neste contexto é notar que as regularidades percebidas dizem respeito aos fenômenos. Afirmar, contudo, que é possível alcançar o conhecimento a partir da observação e dessa forma encontrar a explicação causal por trás desses fenômenos, método aplicado por algumas escolas mecanicistas, é defender um modelo epistemológico frágil. A fragilidade de um método como esse, no qual, após a constatação de um fato julga-se ter

⁴ *Todos os efeitos de causas naturais conceitualizam-se por razões mecânicas, mas esperamos arrematar todos os cientistas a compreendê-los.* (tradução nossa).

obtido a própria expressão da realidade, é acentuada quando se afirma que se pode conhecer o mundo, a realidade por trás das aparências, tendo como primeiro passo a observação e, por esse meio, encontrar “as realidades causais”.

A “explicação” pressupõe uma compreensão completa dos eventos, nesse processo epistemológico temos apenas acesso superficial, de modo que não conseguimos enxergar além da ação dos fenômenos.

Para Duhem, a concepção da tradição, que fundamenta o conhecimento das teorias físicas na “descoberta” das causas mecânicas dos fenômenos e, ao mesmo tempo, busca a constituição íntima da matéria, ultrapassa os limites da física (DUHEM, 2014, p. 34). Questões sobre “aparência e realidade” ou acerca da natureza da “realidade”, são para o físico teórico francês tratadas pela metafísica. Assim sendo, seguindo a tradição, o modelo teórico físico incumbido de explicar a realidade está, na interpretação de Duhem, subordinado à metafísica. Conferir às teorias físicas significação metafísica implica submetê-las a diferentes sistemas metafísicos. Tais sistemas estarão em concordância com determinadas doutrinas filosóficas. E, de acordo com a história da filosofia, uma vez que tais doutrinas ou sistemas metafísicos se mostram divergentes entre si, têm-se como consequência a perda do consenso e a impossibilidade da criação de uma teoria geral consistente. Além da ausência de acordo entre as escolas, caracterizada pela divisão das ciências, as divergências acarretam ainda uma “querela irresolúvel sobre causas ocultas” (DUHEM, 2014, p. 38), como se tornará claro ao final do século XIX.

Desse modo, nos ocuparemos no primeiro capítulo da presente dissertação com a exposição do modelo, seguindo a leitura de Duhem, da tradição mecânica composta pelas quatro escolas cosmológicas: peripatética, cartesiana, atomista e newtoniana, em seguida, ainda no capítulo primeiro, apresentaremos as influências dessas escolas na ideia de explicação adotada pela teoria física vigente no século XIX. No segundo capítulo, nos deteremos em apresentar as limitações apontadas por Duhem ao modelo de teoria física que busca a explicação dos fenômenos, na medida em que o autor revisa qual é o objetivo da teoria física. Ao considerar como a teoria física se estrutura Duhem apresenta sua concepção acerca do objeto de investigação da física, ou seja, uma teoria física que se apresente como uma ciência autônoma - distinta da metafísica. A teoria física ideal, segundo Duhem, tem como objetivo alcançar uma *classificação natural*, isto é, uma classificação que estabeleça, por meio das diversas leis experimentais, uma coordenação lógica que funcione para o

cientista como uma imagem - reflexo - da ordem verdadeira, segundo a qual se organiza a realidade que nos cerca. Discutiremos, no terceiro e último capítulo, com base no que se expôs nos dois primeiros capítulos, como se pode conceber as relações entre metafísica e física na teoria física de Duhem. De acordo com a proposta final de Duhem, a teoria física almeja a obtenção de uma teoria que seja a reprodução da ordem fenomênica tal qual a realidade ontológica do mundo investigado. Buscaremos assim discutir as seguintes questões: estaria a classificação natural contaminada por um objetivo metafísico? Como delimitar o papel da metafísica na teoria física duhemiana?

A discussão acerca da metafísica no contexto constitutivo de uma teoria física ganha relevância na medida em que, como vimos acima, uma ciência embebida de pretensões metafísicas tende a conduzir para um caminho que, de acordo com Duhem, é epistemologicamente irrealizável. Desse modo, nos ocuparemos nas próximas páginas com essa questão, buscando compreender seus elementos, gênese e alcance, bem como contribuir para a compreensão geral da obra de Duhem.

Capítulo 1

A teoria física a partir da evolução das escolas mecânicas

1.1 Duhem e a história da mecânica

Antes de tratarmos da teoria física, nos deteremos na exposição do contexto histórico do desenvolvimento da física, seguindo a interpretação de Duhem, com a finalidade de compreender os elementos que desencadearam no modelo de teoria física explicativista do final do século XIX. Será apresentada, desse modo, a leitura feita por Duhem acerca da evolução mecânica no decorrer da história da física, a fim de remontar às influências constitutivas da física mecânica vigente em seu tempo.

Duhem apresenta em sua obra intitulada *L'Évolution de la Mécanique*, de 1905, quatro escolas cosmológicas - as quais descreveremos nos tópicos seguintes -, são elas: a peripatética, a cartesiana, a atomismo (defendida por Huygens) e a newtoniana (defendida por Boscovich).

A ideia de cosmologia, empregada por Duhem para se referir às escolas cosmológicas supracitadas, pode apresentar diferentes conotações. Entretanto, vamos restringir a interpretação de Duhem a uma concepção que abrange o estudo do universo como um todo. Em *Física e Metafísica* (1893), Duhem apresenta sua definição de cosmologia: “A cosmologia procura conhecer a natureza da matéria bruta, considerada como causa dos fenômenos e como a razão de ser das leis físicas” (DUHEM, 1989b, p. 42). A definição de cosmologia surge na obra de Duhem como uma parte da metafísica. Os termos cosmologia e metafísica aparecem como sinônimos em boa parte de seus trabalhos, uma vez que o francês vê a finalidade de ambas como intrinsecamente correspondente:

Quando, naquilo que se seguir, falarmos da metafísica, estaremos sempre falando da parte da metafísica que trata da matéria não viva e que, por conseguinte, corresponde à física pela natureza das coisas que estuda. Esta parte da metafísica é frequentemente chamada de cosmologia (DUHEM, 1989b, p. 42).

Inferimos assim, que o que Duhem considera como escola cosmológica pode ser relacionado ao objetivo da teoria física explicativista, pois, como vimos na introdução desta dissertação, a tradição filosófica mecânica atribui a o conceito de explicação a busca das causas dos fenômenos, da mesma forma como a cosmologia vislumbra seu alcance epistemológico.

Apesar da similaridade encontrada entre os objetivos da teoria física embasada nos

fundamentos mecânicos e a cosmologia, argumentamos, de acordo com a proposta de Duhem, que as escolas cosmológicas têm diferenças entre si e apresentam um processo evolutivo que contribuirá para a formação da concepção de física teórica emergente no século XIX.

O título do texto de 1905, *A Evolução da Mecânica*, é a expressão de uma posição característica do pensamento de Duhem, pois representa sua concepção histórica da física. Embora o objetivo da obra 1905 seja uma descrição das escolas anteriores, sem ser necessariamente uma leitura crítica do autor, podemos identificar por meio dela o valor que Duhem atribui ao aspecto histórico da ciência.

De acordo com Brenner (1990a, p. 141), Duhem se interessa pela dimensão histórica da ciência desde o começo de sua carreira, mas é apenas em 1903, com a publicação de *Les origines de la statique*, que ele se tornou um historiador da ciência.

A elaboração de uma nova teoria científica como a energética incentiva Duhem a reexaminar a história, primeiro em *Maxwell, estudo crítico e histórico*. *A evolução da mecânica* expandiu a cronologia, mas por meio das passagens históricas desse livro transparece uma vontade de justificar as novas inovações da energética. Essa justificativa histórica deu lugar a estudos minuciosos, independentes dos trabalhos científicos, nos quais Duhem se esforça em analisar os conceitos e a lógica do passado. A história da ciência que interessa ao físico capta a ciência em seu curso, em seu contínuo desenvolvimento, o físico não lida com trechos isolados da ciência (BRENNER, 1990a, p. 141).

Para compreender a teoria física duhemiana é necessário considerá-la concomitantemente ao seu desenvolvimento histórico, pois, como Duhem nos apresenta em *Notice sur les Titres et Travaux scientifiques*, de 1913:

Todo pensamento abstrato precisa do controle dos fatos; toda teoria científica apela à comparação com a experiência; nossas considerações lógicas sobre o método próprio à física não podem ser devidamente julgadas se não as confrontarmos com os ensinamentos da história (DUHEM, 1913, p. 115).

A importância, para Duhem, do resgate da história como metodologia para a teoria física pode ser notada na descrição das escolas cosmológicas feita pelo filósofo, que abordaremos em seguida.

Para Brenner (1990a, p. 91), as escolas cosmológicas, que são objetos dos estudos de

Duhem, constituem, sobretudo, os tipos fundamentais de “explicação” que podem ser facilmente encontrados na ciência do século XIX. Nas palavras de Brenner:

Duhem ilustra essa tipologia [entre as escolas cosmológicas] pelo exemplo da magnetização. Conforme a escola peripatética, a magnetização é uma alteração específica e irreduzível da forma; uma tal explicação foi exposta no século XVII por Nicolas Cabeo. A escola newtoniana, seguindo a interpretação de Boscovich, imagina dois fluidos magnéticos entre os quais se exercem ações atrativas e repulsivas. A escola atomista, para explicar a magnetização, postula a existência de corpúsculos magnéticos. Os cartesianos propõem os movimentos turbilhonantes. Algumas dessas explicações são reencontradas no século XIX: uma explicação newtoniana em Poisson, uma explicação cartesiana em Thompson e Maxwell. A definição de Duhem se aproxima no plano formal da definição peripatética (BRENNER, 1990a, p. 91-2).

Em boa parte do século XIX, considerava-se que os princípios da mecânica satisfaziam de forma harmoniosa o progresso do conhecimento científico, como era o caso da mecânica analítica desenvolvida por Lagrange⁵. Contudo, houve um momento em que os fundamentos desses modelos começaram a ser questionados: a mecânica passa a duvidar dos fundamentos de outrora e busca uma nova fundamentação. Mas para onde caminharia essa evolução?

O diretor da *Revue Générale des Sciences* desse período, reconhecendo tanto o aspecto crítico de Duhem em relação à mecânica quanto a necessidade de um pronunciamento diverso daqueles elaborados pelos partidários das propostas mecânicas, sugere que Duhem exponha suas reflexões acerca da conflituosa situação em que a mecânica se encontrava.⁶

Dessa forma, o objetivo de Duhem ao desenvolver *A Evolução da mecânica* é apresentar aspectos da história evolutiva da física e suas influências na física do século XIX. De acordo com a proposta de Duhem, as teorias físicas do século XIX, ainda que sejam vistas como reações críticas em às escolas cosmológicas que as precederam, apresentam um vínculo mais estreito com as mesmas do que a história da física revela. Em outras palavras, n'*A Evolução da Mecânica*, Duhem busca mostrar como as dificuldades presentes nas teorias físicas do século XIX não representam ruptura com aquelas dificuldades presentes nas abordagens anteriores.

⁵ A mecânica analítica ocupa um espaço próprio nesta dissertação, ver seção 1.3.

⁶ Esses artigos foram publicados na *Revue générale des Sciences* em 30 de janeiro, 15 de fevereiro, 28 de fevereiro, 15 de março, 30 de março, 15 de abril e 30 de abril de 1903. Posteriormente, em 1905, esses artigos foram publicados por Duhem em uma outra edição intitulada *A Evolução da Mecânica*.

1.2 A mecânica

A teoria física duhemianiana tem, sobretudo, como objetivo tornar-se uma ciência autônoma, isto é, reconhecer e se desenvolver nos limites de suas possibilidades epistêmicas. A demarcação da teoria física em Duhem surge como necessidade, ao passo que as concepções cosmológicas anteriores, voltadas para a busca de explicações causais, viam como objetivo dessa ciência conhecer a realidade. Entretanto, tratar da mecânica como uma ideia única na história da física não seria uma estratégia muito segura, pois a filosofia mecânica apresenta características divergentes ao longo de sua história. Em outras palavras, embora essas várias tentativas de produção de explicações causais para os fenômenos possam ser unidas por partilharem da mesma finalidade, divergem substancialmente no modo em que buscam realizá-la. Por mais que sejam denominadas mecânicas, configuram em sua essência distinções que as tornam incompatíveis se vistas de maneira global. Como o exemplo das duas concepções de mecânica apresentado por Sophie Roux:⁷

- a) Primeiramente, a ideia de que todo fenômeno natural procede de uma combinação de matéria e de movimento, que toda transformação resulta de uma redistribuição dos movimentos na matéria.
- b) Em segundo lugar, a ideia de que todo ser natural é uma máquina, ou ainda que as leis físicas são idênticas às leis da ciência mecânica. Essa segunda ideia tem em si própria dois aspectos: liga a filosofia mecânica às máquinas, portanto, à técnica ou à ciência mecânica, isto é, às matemáticas (ROUX, 1996, p. 128).

As caracterizações apresentadas de como a filosofia mecânica pode se configurar, não são, de acordo com a exposição acima, equivalentes; *grosso modo*, podemos caracterizar a primeira como pertencente ao primeiro momento das escolas cosmológicas, mais precisamente aos moldes da escola peripatética, enquanto que o segundo modelo ganharia forma a partir de Descartes.

Na obra *L'Évolution de la Mécanique*, de 1905, Duhem faz referência a Huygens, definindo a “filosofia verdadeira” como aquela na qual a causa de todos os efeitos naturais é concebida por meio da mecânica. Para Huygens, essa é a condição *sine qua non* para se compreender a física, como ele afirma: “isso[a busca pela causa] *deve ser feito, a menos que se renuncie a toda esperança de jamais compreender coisa alguma da Física, em minha opinião*” (DUHEM, 1905, p. 5).

Duhem traz à luz a perspectiva de Huygens a fim de abordar uma concepção muito

⁷ Para uma leitura mais detalhada acerca da concepção de mecânica na filosofia cf. ROUX, S. 1996, pp. 125-136.

presente em seu período: a mecânica é o preceito metodológico eficaz que nos permite compreender a causa de todos os efeitos naturais. Contudo, a homogeneidade na opinião obtida acerca das concepções de “razões mecânicas” não seria algo seguro a ser defendido em face do panorama evolutivo pelo qual passaram os conceitos de mecânica na história da física. Ao tomar como princípio, tal como propusera a física do séc. XIX, que seu objetivo é compreender por meio da mecânica todos os efeitos causais necessários a fim de desvendar os fenômenos, estaríamos desconsiderando as diferentes escolas que conflitam sobre o trajeto a ser tomado para a produção de “explicação mecânica dos fenômenos”.

Apresentar o desenvolvimento da concepção da mecânica da maneira feita por Duhem tem importância capital na compreensão de sua ideia de ciência e da necessidade da demarcação de seu alcance epistêmico. Em suas palavras:

É pelos frutos que se julga a árvore; ora, a árvore da ciência cresce com extrema lentidão; séculos passam antes que seja possível colher o fruto maduro; somente hoje nos é permitido extrair e apreciar o sumo das doutrinas que floresceram no século XVII (DUHEM, 1905, p. 3).

Conforme a passagem anterior, entendemos que para Duhem abordar o desenvolvimento da física por meio da história permite acompanhar a formação da ciência de seu tempo. Estabelecida a importância metodológica do resgate da história, nos deteremos nas próximas páginas a acompanhar o desenvolvimento da física, conforme exposto n' *A Evolução da mecânica*, a fim de avaliar o quanto as escolas cosmológicas influenciaram a física teórica do século XIX.

1.2.1 A mecânica peripatética

Em uma rápida caracterização da mecânica peripatética, percebe-se que Aristóteles parte da análise do modo que falamos das coisas, e pretende, assim, penetrar o que pensamos, pois, a análise do pensamento, é, ela mesma, a análise da realidade, nas palavras de Duhem em *A Evolução da Mecânica*, "pois nossa razão apreende o que é; a distinção de categorias é, portanto, a própria base do sistema peripatético" (DUHEM, 1905, p. 6).

O ponto crucial da mecânica aristotélica, que permite a Duhem fazer tal interpretação acerca da filosofia da natureza dos peripatéticos, consiste na compreensão de que para Aristóteles nosso pensamento é composto por aquilo que vem do mundo e chega até a razão

por meio da sensação, isto é, Duhem acredita que para Aristóteles o que a razão apreende existe, é a realidade interpretada do mundo.⁸

Em seguida, Duhem apresenta os principais aspectos que compõem a filosofia da natureza de Aristóteles. Uma primeira característica da física peripatética é a distinção entre as categorias, ou seja, dividem-se em *substâncias* e as demais categorias, como os *acidentes*. Dentre os acidentes, há os que não são inerentes ao ato de determinado fenômeno, tal como o lugar no qual se encontram, que depende da relação de um corpo com os demais; diferentemente, existem as categorias que são intrínsecas ao corpo, quais sejam, qualidade e quantidade.

A quantidade em Aristóteles, de acordo com Duhem, pode ser definida do seguinte modo:

Toda quantidade de uma espécie dada pode ser obtida por meio da justaposição, pela consideração simultânea de quantidades da mesma espécie e de grandezas menores; e isto sem que a ordem em que se considere as quantidades componentes influencie a quantidade resultante; Aristóteles sustenta que a quantidade é aquilo que tem partes uma fora das outras e os modernos dizem que aquilo que é suscetível de adição (DUHEM, 1905, p. 7).

Duhem deixa claro a importância do lugar para o qual o objeto tende na concepção de movimento aristotélico, uma vez que o lugar e o objeto guardam uma justaposição. A característica de justaposição tanto do objeto quanto do espaço, dentro da concepção peripatética, contribui para uma descrição matemática. Ou seja, a partir de cada objeto que ocupa determinado espaço é possível compará-los de forma numérica, ao passo que a transposição desses objetos em relação ao espaço se dá por meio da medida e, assim, se constitui uma teoria geral da quantidade. A qualidade para os peripatéticos é discutida em muitos sentidos, como retrata Duhem:

Qualidade, a forma de uma figura geométrica, que faz dela um círculo ou um triângulo; qualidades, as propriedades sensíveis dos corpos, quente e frio, claro e escuro, vermelho e branco; qualidades também, mas qualidades ocultas, as propriedades que não caem diretamente sob os sentidos, mas das quais fluem certos efeitos perceptíveis: a gravidade ou a leveza que leva um corpo para o centro do mundo ou para longe dele, a virtude magnética pela qual o ferro corre para o imã (DUHEM, 1905, p. 7-8).

⁸.

Como vimos, a ordem essencial de cada corpo possui, do ponto de vista da teoria cosmológica peripatética, seu lugar natural, como por exemplo a tendência do fogo em direção ao “alto” e dos corpos densos em direção ao “baixo”.

O movimento⁹ teria a função de realizar a ordem da natureza. Ele seria, nesse sentido, a tendência de cada corpo ao seu estado natural. É possível interpretar que para Aristóteles os objetos são compostos por um princípio inteligente que os governa. O movimento deve ser visto como a realização desse princípio. Dessa forma, para Aristóteles a natureza dos seus objetos tem seu lugar determinado a partir de seus movimentos. As qualidades como peso e os aspectos referentes à sua forma são considerados importantes para definir o modo como eles se deslocam. O movimento peripatético nas palavras de Duhem é apresentado do seguinte modo:

Assim, na análise de cada movimento, encontramos algo que é concebido como em ato no exato momento em que é concebido como essencialmente potência. A palavra movimento pretende expressar essa união íntima entre potência e ato, uma união cuja linguagem humana não pode tentar apreender a natureza sem descrever um círculo vicioso; porque, sempre e inevitavelmente metafórico, tomaria emprestado do próprio movimento a palavra pela qual ele tentaria definir o movimento (DUHEM, 1905, p. 10).

Por meio da magnetização, Duhem exemplifica como cada mecânica historicamente desenvolveu seu modelo explicativo. No caso, a mecânica aristotélica postula em sua cosmologia a concepção de que a natureza real dos corpos, ou seja, a substância das coisas existentes no mundo, resulta da união de duas coisas: uma permanente, a *matéria*, e a outra variável, a *forma*. Para Duhem, a realidade escondida sob os fenômenos magnéticos, na perspectiva dos peripatéticos, se compõe por meio das propriedades de qualidades magnéticas.

Em linhas gerais, tais são as noções às quais o físico (peripatético) reduzirá todos os efeitos que se apresentam nos corpos, quando a redução é realizada, a explicação terá sido obtida. Se, por exemplo, perguntarmos por que o ímã atrai o ferro, responderemos que, na presença do ímã, a substância do ferro é alterada, que ela adquire certa qualidade oculta, de virtude magnética, e que

⁹ Em Aristóteles a ideia de movimento é muito mais ampla do que enfocaremos nesta dissertação. Mas, *grosso modo*, o movimento pode ser denotado em relação à alteração da substância, que por sua vez, leva ou à corrupção ou à geração de outra substância; há também a alteração do movimento, que diz respeito à categoria de quantidade envolvendo um aumento ou diminuição (dilatação ou contração); há alteração do movimento em relação à categoria da qualidade. Há, por fim, o tipo de movimento correspondente ao local, isto é, mudança de lugar que ocorre por translação, esse último pode ser ainda distinguido em duas formas de movimento, são eles: movimento natural e movimento violento. Apresentadas algumas concepções de movimento segundo a tradição do filósofo estagirita, limitamos a discussão, nesta pesquisa, ao recorte realizado por Duhem em seus estudos.

a natureza dessa virtude é mover o ferro em direção ao ímã. As observações dos físicos podem detalhar essa explicação; podem especificar as marcas particulares da virtude magnética e o movimento que ela determina; mas eles não podem descobrir nada além dessa qualidade, que é a explicação; eles não podem reduzi-la a nada mais básico ou mais simples, porque é a causa correta e definitiva dos fenômenos observados (DUHEM, 1905, p. 12).

De acordo com o trecho acima, a maneira como se desenvolve a ideia do movimento para os peripatéticos é construída a partir dos detalhes da observação feita pelo físico no momento em que o objeto se desloca. Duhem aponta que o movimento do ferro, segundo os peripatéticos, ocorre devido a uma qualidade oculta, a virtude magnética.

Embora, a obra *A evolução da mecânica* tenha por finalidade descrever as formas de explicação desenvolvidas pelas escolas mecânicas de maneira sucinta, sem uma análise crítica, apenas apresentando-as de maneira geral, é possível constatar certo criticismo por parte de Duhem ao caracterizar a mecânica peripatética. Duhem aponta para a incoerência de uma teoria que almeja encontrar a realidade por meio da apreensão dos fenômenos, e que ainda atribui uma qualidade oculta para explicar o movimento.

1.2.2 A mecânica cartesiana

A mecânica cartesiana é caracterizada a partir de conceitos geométricos, utilizando aspectos como a forma, dimensão e quantidade oriundos da matemática. A mecânica cartesiana, desse modo, exclui ideias como forças animadas, espontaneidade e finalidade.

Se, para Aristóteles, apelar para a potencialidade de mudança em função da substância, da quantidade, da qualidade ou por referência ao local dos objetos, pode servir como elemento explicativo, em Descartes isso seria incompreensível.

A filosofia peripatética evoca noções bastante amplas para compor a sua filosofia da natureza. Diferentemente, Descartes compõe sua filosofia da natureza utilizando-se de uma forma mais simples, reduzindo sua filosofia da natureza a matéria e movimento. Assim sendo, podemos compreender a matéria em Descartes como aquilo que é puramente extensão, ou melhor, conclui-se que a matéria é estritamente aritmética, como afirma Duhem acerca da filosofia da natureza cartesiana que “entre as ciências, apenas a aritmética é salva de qualquer noção emprestada da categoria de qualidade; sozinha, está de acordo com o ideal que Descartes propõe a toda a ciência da Natureza” (1905, p. 14). Ou seja, Duhem apresenta que com Descartes, a noção de qualidade é banida de todo o domínio da Ciência, que se

torna o reino da pura quantidade, da matemática universal.

Na leitura de Duhem, Descartes busca não só o distanciamento das qualidades no campo da geometria, mas também na física de modo geral. Duhem cita diretamente Descartes quando ele diz: “Eu não recebo nenhum princípio em Física, diz ele [Descartes] que não seja também recebido em Matemática”. E acrescenta, enfatizando a abordagem quantitativa de Descartes

O que, antes de mais nada, é matéria? "Sua natureza não consiste em dureza, nem em gravidade, calor e outras qualidades deste tipo", mas apenas na "extensão em comprimento, largura e profundidade"; essa matéria não é mais nada do que "divisível, móvel e dotada de uma figura que os geômetras denominam quantidade e que tomam como objeto de demonstração (DUHEM, 1905, p. 15).

Duhem assegura que para Descartes o uso da geometria, como fizeram os peripatéticos, exigia muito da imaginação, devido ao aspecto qualitativo empregado. Descartes atribui toda obscuridade e embaraço das escolas anteriores ao caráter qualitativo, assim sendo, opta por remover da geometria as qualidades figurativas, preservando por sua vez a noção quantitativa de distância (DUHEM, 1905, p. 14).

A concepção da física em Descartes contempla não apenas a geometria e a matemática, ao se desfazer do aspecto qualitativo do modelo peripatético, como também trata da contradição existente entre a adoção simultânea do princípio de inércia e a relatividade do movimento. De acordo com Duhem, Descartes almeja eliminar todo aspecto qualitativo da descrição do movimento, identificando na qualidade a fonte da obscuridade e imprecisão. Duhem declara que, "Entre as ciências, só a aritmética está a salvo de qualquer noção emprestada da categoria de qualidade; unicamente ela está de acordo com o ideal que Descartes propõe a toda a ciência da Natureza" (DUHEM, 1905, p. 14).

De acordo com Duhem (1905, p. 16), a noção de movimento da física cartesiana é composta pela multiplicação da quantidade de matéria, contida em cada corpo, pela velocidade que o anima. Ao multiplicar seus elementos - isto é, a velocidade pela quantidade de matéria - obtém-se o impulso do sistema, ao menos até que se esbarre em um outro corpo e, assim, cesse sua velocidade, ou empreste seu movimento a esse corpo, fazendo-o portador de uma quantidade variável de movimento.

Duhem, em seguida, examina a ideia cartesiana de matéria, segundo a qual em todo o universo está espalhada uma matéria única e homogênea, da qual nada sabemos, apenas que

ela é extensão. Essa matéria é dividida em várias figuras e essas partes são móveis uma em relação às outras.

Desse modo, conclui Duhem que, acerca da concepção de corpo [matéria] na física cartesiana, as únicas propriedades verdadeiras daquilo que os forma são a extensão e o movimento; a essas propriedades devem ser reduzidas todas as qualidades aparentes que afetam nossos sentidos.

Acerca do tratamento dos aspectos considerados capitais para a compreensão da física cartesiana, algumas questões podem ser formuladas, como Duhem indica no seguinte trecho:

Para um corpo ser considerado em movimento, ele deve ocupar um determinado lugar em um determinado instante de duração, e outro lugar em outro instante; não podemos conceber esse movimento sem conceber que o lugar do corpo mudou e o que o corpo permaneceu o mesmo. Então, que significado essas palavras podem ter se o corpo for idêntico à parte da extensão que ocupa? Podemos, sem absurdo, dizer que a mesma parte da extensão ocupa sucessivamente lugares diferentes? Não é suficiente, seguindo o preceito de Pascal, substituir mentalmente a definição cartesiana da palavra *corpo* para reconhecer que na filosofia de Descartes o movimento implica contradição? Não está claro que, para conceber o movimento, devemos conceber, na extensão, algo que seja distinto da extensão e que permaneça inalterado à medida que o lugar muda? (DUHEM, 1905, p. 16-7).

Desse modo, podemos nos questionar, a partir da exposição duhemiana da física de Descartes, que erigir uma mecânica através do movimento tal como o filósofo do séc. XVII pretende, pode ser insustentável. A física cartesiana almeja captar o movimento conforme a aritmética. Ao olhar para natureza, o físico cartesiano compreende de imediato o movimento? Não, pois de acordo com a exposição de Duhem, no espetáculo oferecido pelos corpos, o físico cartesiano pode apreender apenas a figura, de modo que o movimento é apenas passível de ser mediado. O físico cartesiano não consegue distinguir, na presença de dois corpos A e B em movimento de aproximação um do outro, qual está se movendo, se é A, B ou ambos. Pois, como indica Duhem (1905, p. 17), trata-se de uma pergunta sem significado para esta escola mecânica, visto que o físico cartesiano apenas conhece o movimento relativo.

O questionamento feito a partir da exposição duhemiana, no que diz respeito à composição da mecânica de Descartes, surge ao considerarmos que os corpos em Descartes

que se apresentam de maneira contínua, quando em alguns casos apresentam alguma forma fixa, ou imobilidade perante aos outros corpos, não têm uma razão explícita que o justifique, nas palavras de Duhem “apenas o hábito e a conveniência nos guiam quando escolhemos um desses corpos como um termo imóvel” (DUHEM, 1905, p. 18). A questão é explorada por Duhem no caso do movimento dos astros:

Os movimentos das estrelas, por exemplo, concordam com uma certa Mecânica Celeste quando se atribui a fixidez às estrelas; eles violam essa mesma mecânica quando assumimos a Terra imóvel. Cada explicação mecânica do mundo supõe que os movimentos estão relacionados a um determinado corpo fixo; quando se muda o corpo fixo tomado como referência, a pessoa é obrigada a mudar a forma da mecânica (DUHEM, 1905, p. 18).

Em suma, a natureza do movimento dos fenômenos é explicada em Descartes pela hipótese dos turbilhões. Em outras palavras, para explicar a possibilidade e as características do movimento em um espaço que é totalmente preenchido pela matéria e, ao mesmo tempo evitar o vazio e a obscuridade da ação à distância, Descartes elabora a hipóteses de que se trata de um sistema de movimento turbilhonante. Entretanto, o sistema elaborado por Descartes encontra seu limite, como afirma Duhem no parágrafo acima, ao propor a fixidez de alguns corpos em relação aos outros sem que apresente justificativa racional em consonância com o sistema, atingindo assim o limite de sua mecânica cartesiana que será melhor explorado na subseção seguinte.

1.2.3 A mecânica atomista

É nas palavras de Leibniz que Duhem se ampara com a finalidade de contextualizar melhor o cenário de oposição ao modelo mecânico cartesiano: “Tudo isso, disse Leibniz, torna conhecido que há na Natureza algo diferente do que é puramente geométrico, isto é, extensão e sua mudança totalmente nua ” (DUHEM, 1905, p. 20).

A mecânica explicativa de outrora, fundamentada por Descartes, se vê obrigada a adotar outras noções além das geométricas, isto é, depois de Descartes busca-se algo além da pura extensão e do puro movimento relativo.

Mas nesse movimento de recuo ela [a filosofia da natureza] só retrocede

passo a passo; ela abandona uma polegada de terra somente depois de ter vigorosamente disputado; reprimida do cartesianismo, limita-se antes de tudo à posição que ocupava no momento em que Descartes a aprofundou ainda mais, na doutrina atomista que Gassendi tinha tomado emprestado de Empédocles, Epicuro e Lucrecio, e os rejuvenescera. Quando Huygens fala da "verdadeira filosofia em que concebemos a causa de todos os efeitos naturais por razões mecânicas", é da filosofia corpuscular que ele pretende falar. Algumas partes do espaço permanecem extensão pura; elas formam o vazio; outras, pelo contrário, são ocupadas por uma substância material; as últimas consistem em volumes muito pequenos, separados uns dos outros por vácuo, cada um dos pequenos corpos assim semeados no vazio tem uma forma geométrica constante e dimensões invariáveis; sua dureza os salva de toda deformação, de toda penetração, de qualquer ruptura; é fisicamente indivisível e merece o nome de átomo (DUHEM, 1905, p. 21).

Um grande problema dessa hipótese sobre o movimento dos átomos consiste na possibilidade de se conhecer a lei que regula os movimentos nos momentos que antecedem e sucedem ao choque. Para Duhem, não é possível obter essa lei a partir da experiência, visto que temos acesso apenas aos compostos deformáveis de átomos. Como afirma Duhem,

[...] cada um dos corpos entre os quais se observa os efeitos do choque é a união deformável de um imenso número de átomos. Para descobri-lo, é necessário recorrer a hipóteses, invocar razões que não são incontestáveis. A partir daí, entre atomistas, surge debates longos e passionais (DUHEM, 1905, p. 21).

A visibilidade da escola atomista ganha força ao longo do século XVIII, por meio dos trabalhos de Huygens, disputando espaço com o sucesso da física newtoniana. E é motivado pela obscuridade da lei hipostasiada que os atomistas seguiram com suas pesquisas, sendo aos precursores dos raciocínios da física newtoniana por meio dos quais a noção de força será introduzida.

1.2.4 A mecânica newtoniana

Em 1687 Newton elabora, em sua obra intitulada *Principia Mathematica*, os axiomas da nova mecânica, caracterizada pelas consequências das deduções geométricas, que perdurariam ao longo dos séculos.¹⁰ A partir de uma pergunta célebre sobre sua *Óptica*,

¹⁰ Duhem inicia sua abordagem da doutrina newtoniana esclarecendo que não tem o objetivo de expor de maneira detalhada seus desenvolvimentos sucessivos.

Newton supõe que a eletricidade e o magnetismo seguem leis similares às que governam os corpos celestes, isto é, o físico inglês imagina uma atração molecular que explica fenômenos capilares e reações químicas (DUHEM, 1905, p.25).

Diante do sucesso da abordagem mecanicista, Newton busca aplicá-la às ações exercidas à distância, de modo a constituir uma doutrina abrangente e precisa. Com isso, Newton atrai seguidores que se empenham em desenvolver suas ideias sobre a mecânica celeste baseando-se na gravidade, como, por exemplo, Freind, Keil, Clairaut.

Após enfatizar a relevância de Newton para o desenvolvimento científico, Duhem passa a discorrer sobre o modo como sua perspectiva foi desenvolvida por seus seguidores, como Boscovich, que afirma “em um espaço vazio, existem seres materiais, cada um deles reduzido a um ponto, privado de extensão, mas afetado por uma massa invariável” (DUHEM, 1905, p. 26).

Duhem (1905, p. 26), ao retomar as ideias de Newton, expõe a física segundo o "espírito inglês", indicando como se constrói seu modelo físico no qual se considera a existência do vazio. A ideia do vazio surge na física newtoniana na medida em que se aceita a existência de entidades materiais descontínuas e constituídas por massa variável:

Cada um desses pontos é submetido a forças cuja resultante é obtida pela lei clássica do paralelograma. A cada momento, a resultante das forças que solicitam um ponto material é diretamente oposta à aceleração do movimento desse ponto. Entre a grandeza da força e a grandeza da aceleração existe uma relação invariável, que é precisamente a massa do ponto móvel. Cada uma das forças que solicitam um ponto material emana de outro ponto material; e o segundo, por sua vez, sofre do primeiro uma ação igual e diretamente oposta àquela que ele exerce sobre o primeiro. A ação recíproca de dois pontos é direcionada ao longo da linha que os une; é proporcional ao produto de suas massas; varia com a distância que os separa. Quando dois pontos são separados por uma distância tão pequena que escapa inteiramente aos nossos sentidos e das constatações de nossos instrumentos, a função dessa distância, da qual depende sua ação recíproca, tem uma forma desconhecida para nós, que pode ser complicada; esta forma pode mudar com a natureza química dos dois pontos materiais; a ação que ela representa pode ser uma atração quando a distância mútua tem certos valores, e uma repulsão quando esta distância tem outros valores (DUHEM, 1905, p. 26-7).

Nesse sentido, Leite (2013) indica que Newton, motivado pelas questões levantadas pela cosmologia cartesiana, ao discuti-las, criou ele mesmo uma cosmologia:

Se Descartes foi mais importante por sua exigência, metafísica, de inteligibilidade da natureza, o inglês foi mais importante enquanto físico e instaurador de uma nova maneira de tratar a física; suas teorias marcam o ponto de partida de uma das mais fecundas evoluções teóricas da humanidade (Duhem, 1893, p. 119; 1896b, p. 484; 1903b, p. 25-31). Foi o sucesso “prodigioso” da física newtoniana durante mais de um século que fez com que a teoria das ações à distância fosse considerada uma verdadeira explicação metafísica: “Os progressos da física criada por Newton não tardaram a fazer triunfar essa metafísica que, muito injustamente, atribuem a ele” (1893, p. 123). A “espantosa fecundidade” (p. 126) da teoria newtoniana fez que ela se tornasse um modelo explicativo a ser aplicado em diversas áreas da física como a eletricidade, a capilaridade, a elasticidade e o calor. Mais do que isso, ela gerou um verdadeiro programa de pesquisa metafísica, pois, audaciosamente, Laplace escreverá sobre “atrações moleculares”, e Poisson tentará reduzir todos os fenômenos a “ações moleculares” conforme a verdadeira natureza das coisas (p. 126-7) (LEITE, 2013, p. 313).

Embora Newton busque construir sua física segundo uma concepção que se afasta daquela que nega o espaço vazio, suas ideias, no fim das contas, em função de seu imenso sucesso e ampla aplicação adquirem um caráter metafísico, como princípio explicativo que contamina a física de seus seguidores.

1.3 O contexto científico de Duhem

A exposição que Duhem realiza dos princípios constuintes das diferentes escolas cosmológicas retrata a evolução da mecânica, indicando que elas apresentam, no limite um caráter comum: conhecer a essência da matéria e fornecer sua explicação última. Os partidários das referidas escolas almejavam, além de tudo, desvendar as causas dos fenômenos, em vez de se limitarem às representações matemáticas das regularidades observadas dos mesmos. A física elaborada por essas escolas tinha em seu horizonte a crença na possibilidade de revelar a realidade material do mundo. Contudo, tais escolas apresentam explicações que não contribuem, pelo menos não claramente, para o desenvolvimento da física de maneira harmônica. A primeira escola, a mecânica peripatética, que intenciona apresentar a explicação da natureza a partir da percepção do fenômenos e pelo movimento dos objetos, tendo no aspecto qualitativo as características determinantes de seu movimento. Em seguida, nos deparamos com a física de Descartes, erigida a partir da figura, extensão e movimento; num segundo momento, o atomismo acrescentou a massa e a dureza como

qualidades primárias, propondo a possibilidade do vazio; e por fim, representante da física newtoniana, Boscovich, opõe-se à noção de corpos físicos, tal como propuseram as escolas anteriores, e inclui em sua concepção física a ideia de pontos materiais privados de extensão, capazes de exercer atrações e repulsões mútuas (DUHEM, 1989f, p.162). De acordo com Duhem, o panorama evolutivo da mecânica, pode ser classificado em duas categorias:

As tentativas feitas para explicar mecanicamente os fenômenos físicos que o universo apresenta situam-se, com precisão, em duas categorias. As tentativas colocadas na primeira efetuam-se de acordo com um método que pode ser corretamente denominado Método Sintético [...]; aos olhos da maioria dos físicos, o método sintético não parece mais capaz de proporcionar uma explicação mecânica e completa dos fenômenos naturais; é, pois, do Método Analítico que se requer, hoje, tal explicação (DUHEM, 1905, p. 180).

Duhem discute a falência do método sintético, de modo que o método analítico passa a ser o modelo de física capaz de oferecer explicação. Contudo, emerge desse contexto a necessidade de explorarmos o que caracteriza esses métodos, em outras palavras, o que Duhem, ao olhar para a tradição da física mecânica, considera como analítico e como sintético, e quais as implicações da transição desses métodos para a concepção de teoria física que vigora no final do século XIX. As concepções de método sintético e método analítico apresentam perspectivas diferentes sobre a construção de física teórica. Essa distinção é marcada pelo modo como se constrói a teoria física, isto é, pelo uso de recursos matemáticos para a produção de explicações mecânicas que compõe a física teórica.

Duhem conduz sua investigação acerca das características desses métodos, a fim de identificar em sua abordagem não apenas as limitações, mas também a capacidade de proporcionar uma explicação mecânica que suscite uma visão geral e unificadora da física e, até mesmo, a possibilidade de apresentar um desenvolvimento contínuo dessas mecânicas. O modelo sintético tem como finalidade a explicação mecânica dos fenômenos físicos, é assim descrito por Duhem:

Nesse método, inicia-se construindo um mecanismo a partir de todas as peças; diz-se que algumas são os corpos que o compõem, outras são as formas, os tamanhos, as massas, e ainda outras as forças que agem sobre ele; desses dados são extraídas as leis de acordo com as quais o mecanismo se move; então, comparando-se estas leis com as leis experimentais que ele deseja explicar, julga-se se há uma concordância suficiente entre elas (DUHEM, 1905, p. 180).

O método sintético da teoria mecânica tem o propósito de construir mecanismos específicos de modo detalhado, isto é, trata-se da busca por modelos mecânicos que auxiliem na formulação de hipóteses específicas sobre a natureza dos corpos e dos movimentos, como no caso dos átomos em que se almeja descrevê-los de maneira precisa. O método sintético, na perspectiva atomista, aplicado à explicação dos diferentes tipos de fenômenos físicos, procede identificando o número preciso de átomos que os compõem e a forma de seu conjunto, relacionada com sua massa e movimento, tidas como propriedades definidas. As propriedades atribuídas aos fenômenos visam expressar a explicação causal dos fenômenos físicos, ou como denominam os ingleses (DUHEM, 1905, p.193), os modelos. Esses modelos, como afirma Duhem, “são compostos de órgãos tão concretos, tão acessíveis aos sentidos e à imaginação quanto possível” (DUHEM, 1905, p. 193).

Para Duhem, os defensores da perspectiva sintética, ao reduzir cada grupo fenomênico a um modelo da física mecânica, atende às necessidades intelectivas de certo estilo de pensamento, por ele denominado de espírito inglês. Em outras palavras, os seguidores do modelo sintético acreditam, como nos apresenta Duhem (1905, p. 194), que conceber a física mecânica de outro modo, por exemplo, por meio de leis abstratas, não seria tão útil ao espírito inglês. De modo que quando o modelo sintético reduz a física mecânica à identidade real, ele cumpre com aquilo que é uma de suas principais propostas, ou seja, explicar os fenômenos de maneira causal a partir de um modelo concreto. De acordo com Duhem, os adeptos do modelo sintético justificam seu emprego do seguinte modo:

O uso de modelos pode até se tornar indispensável para certos geômetras cuja faculdade de abstração é menos poderosa que a de imaginação; e entre estes estão alguns dos maiores físicos da atualidade que subscreve estas palavras, W. Thomson: "Parece-me que o verdadeiro significado da questão: entendemos ou não entendemos um assunto particular em Física? é esse aqui: podemos fazer um modelo mecânico correspondente? [...] Eu não estou satisfeito até conseguir fazer um modelo mecânico do objeto; se eu posso fazer um modelo mecânico, eu entendo; entretanto, se eu não posso fazer um modelo mecânico, eu não entendo" (DUHEM, 1905, p. 194).

Em contrapartida, Duhem (1905, p. 182) aponta que o método analítico não se ocupa em fazer hipóteses quanto à natureza dos movimentos pelos quais esses fenômenos poderiam ser explicados, como faz o método sintético, ou seja, o método analítico se realiza por meio da análise matemática que torna evidente a descrição por meio de equações de certos movimentos.

Assim como Duhem se apoia em Thomson para ilustrar a eficiência do método sintético aos olhos de seus adeptos, busca em Maxwell, outro expoente da física do século

XIX, uma interpretação desse mesmo método que pudesse apontar os seus limites. Duhem afirma que:

Maxwell estava, sem dúvida, insatisfeito com o mecanismo que imaginara, pois, logo o abandonou para abordar a explicação mecânica dos fenômenos elétricos por meio de um caminho completamente diferente - eis os termos em que ele próprio define esse novo método: Neste tratado proponho descrever os mais importantes fenômenos desse tipo, mostrar como eles podem ser submetidos à medição e buscar as relações matemáticas existentes entre as grandezas medidas (DUHEM, 1905, p. 130).

De acordo com Abrantes (1988, p. 69), a insatisfação de Maxwell¹¹ marca, sobretudo, a transição do método sintético para o analítico. Maxwell, a partir das hipóteses referentes às partículas de “eletricidade”, em que articula os vórtices, considera o modelo anterior muito artificial por se tratar de um método incumbido de revelar a realidade causal dos fenômenos.

Não mais encontramos, efetivamente, qualquer resquício do “mecanismo” de 1861/2. A teoria proposta não é mais apresentada como uma “teoria mecânica”, mas como uma “teoria dinâmica”. A “teoria dinâmica do campo eletromagnético” - como ele [Maxwell] a denomina – constitui o resultado da aplicação ao eletromagnetismo dos métodos emprestados à Mecânica Analítica, particularmente o formalismo lagrangeano e do uso preponderante do conceito de energia, ao invés do conceito de força (ABRANTES, 1988, p. 69).

A falência do método sintético fica evidente quando, por meio das formas complexas, passa a assumir modelos causais para sua mecânica. Se, por um lado, o método sintético é imbuído do objetivo de expressar os fenômenos físicos através da explicação mecânica - isto é, trata-se da obtenção de mecanismos, de modelos concretos de massas em movimentos -, por outro lado, o método analítico, o qual se tornará o modelo do século XIX, parte de uma abordagem mais axiomática, na medida em que segue mais detalhadamente as indicações do modelo geométrico.

No século XIX já havia um modelo parecido com o recém adotado por Maxwell. trata-se de uma teoria mecânica mais abstrata: a mecânica analítica/ lagrangeana. O método analítico surge com o intuito de fornecer uma explicação mecânica acerca da dinâmica do eletromagnetismo, oriunda de obras como as de d'Alembert e Lagrange (ABRANTES, 1985, p. 258).

¹¹ Maxwell adota o método sintético em um primeiro momento, para em seguida adotar um posicionamento analítico (cf. ABRANTES, 1988 e ABRANTES, 1985).

Tanto a mecânica sintética quanto a analítica tem como finalidade a explicação dos fenômenos físicos. Contudo, essa nova proposta - a mecânica analítica - de acordo com Duhem, só apresenta na sua maturidade um caráter mais universal e abstrato na medida em que recorre aos procedimentos da matemática.¹² Conforme Duhem afirma, no método analítico,

[...] primeiro reduz-se a fórmulas gerais as leis dos fenômenos físicos; então, sem fazer qualquer hipótese quanto à natureza dos movimentos pelos quais esses fenômenos poderiam ser explicados, dá-se a essas fórmulas um aspecto que torna evidente sua analogia com as equações de certos movimentos. Se as fórmulas com as quais se trabalha puderem ser colocadas na forma imposta por Lagrange às equações da Dinâmica, as coisas funcionarão melhor. Para as grandezas que caracterizam o sistema físico submetido ao experimento, será possível fazer corresponder as variáveis e as velocidades que fixam a figura e o movimento de um determinado sistema mecânico, de modo que as leis que presidem as transformações dos dois sistemas serão expressas pelas mesmas equações. A maquinaria do sistema mecânico explicará então as propriedades do sistema físico (DUHEM, 1905, p. 182).

A falha do método sintético é vista por Duhem em sua tentativa de fundamentação da teoria física. Para Duhem, a teoria física, conforme defendem os adeptos da mecânica sintética, sustenta-se com base em princípios metafísicos, uma vez que tende tanto a produzir explicações como a descrever a natureza das coisas materiais.

No entanto, a busca de explicação e classificação não é exclusividade da mecânica sintética, pois o método analítico também visa essa finalidade, na medida em que propõe reduzir a explicação dos fenômenos físicos a uma mecânica na qual as noções de movimento, massa e força são tomadas como noções primitivas. Desse modo, Duhem (1905, p. 183) afirma que a hipótese segundo a qual todos os fenômenos são mecanicamente explicados não pode ser confirmada ou invalidada e, portanto, "é transcendente ao método físico".

Roger Ariew e Peter Barker (1986) corroboram essa leitura de Duhem, ao apontar que a mecânica analítica, desenvolvida na física de Maxwell, não apresenta solidez que pudesse torná-la a base de uma física autônoma. Duhem, em *Les théories électriques de J. Clerk Maxwell: étude historique et critique*, de 1902, afirma que a física "analítica" de Maxwell

¹² Para um estudo mais aprofundado sobre as mudanças na física da segunda metade do século XIX e começo do século XX, ver: BEZERRA, V. A. Maxwell, a teoria do campo e a desmecanização da física. *Scientiae Studia*, 4, 2, p. 177-220, 2006. e ABRANTES, 1988.

falha nos seguintes pontos: “i) a teoria de Maxwell é ousada demais e não sistemática; ii) é muito dependente de modelos; e iii) seus conceitos não são contínuos com os do passado” (DUHEM, 1902, p. 8).

A abordagem mecanicista da teoria física é para Duhem (1989a, p. 22) o resultado de um “falso ideal”, sobretudo, a busca de explicações. O ideal mecanicista de explicação não é só ilusório como também é ilegítimo, nas palavras de Duhem:

Vimos que a cada noção física, a teoria deveria substituir, a título de símbolo, uma certa grandeza. Vimos que essa grandeza estava restrita a apresentar certas propriedades, tradução imediata das características da noção que ela simboliza. Mas deixando de lado essas características, em geral pouco numerosas, sua definição permanecia absolutamente arbitrária. Numa teoria mecânica, impõe-se além disso para todas as grandezas físicas, sobre as quais se assentam as leis que teremos que unir entre si, a condição de serem compostas por meio de elementos geométricos e mecânicos de certo sistema fictício; e a todas as hipóteses impõe-se a condição de serem o enunciado das propriedades dinâmicas desse sistema (DUHEM, 1989a, p. 22-3).

Depreende-se assim que, por mais que a mecânica analítica se propusesse a definir seus objetos de estudo por meio da geometria, mantinha, não obstante, a finalidade de produzir explicação para os fenômenos físicos, o que é uma pista para compreender o seu descrédito junto ao espírito de muitos físicos.

Sobre a decadência do mecanicismo em Duhem, Stoffel afirma que

De fato, o físico mecanicista não poderá aceitar como satisfatória uma teoria que esteja de acordo com ideias metafísicas, e o filósofo, que acredita encontrar nas teorias científicas "a razão de ser dos fenômenos materiais", só poderá se inspirar por "essas teorias na construção de seu sistema metafísico" (STOFFEL, 2002, p.136).

Ao avaliar como se estruturam os métodos sintético e analítico, e em seguida sua decadência, podemos concebê-los como pano de fundo teórico que conduz à elaboração da teoria física duhemiana. Podemos, então, questionar os limites desses modelos vigentes entre os séculos XVIII e XIX, e formular a questão que norteia a pesquisa de Duhem, ou seja, qual o objetivo da teoria física?

1.4 O problema da tradição mecânica no século XIX

Em *Algumas reflexões sobre as teorias físicas*, Duhem (1989a, p. 22), como vimos, afirma o caráter ilusório e inválido da teoria mecânica. De acordo com Duhem, os defensores da teoria mecânica constroem sua ciência por meio de conceitos físicos e sua aplicação às leis empíricas por meio de propriedades geométricas, levando em consideração o sistema mecânico material. Em outras palavras, cada escola mecânica adicionaria características que devem compor seu sistema; por exemplo, para um determinado grupo de físicos, o sistema material deve ser formado de meios contínuos; para outros, de átomos isolados; uns admitem, sobre os diversos elementos materiais, forças atrativas ou repulsivas; outros rejeitam a existência de semelhantes forças e querem que os átomos materiais possam agir somente por contato, por meio das leis do choque (DUHEM, 1989a, p. 23).

A crítica duhemiana ao mecanicismo se estrutura segundo a natureza e o objetivo da teoria física, pois, como já foi mostrado, Duhem vê nas teorias mecânicas um “falso ideal”. Para Duhem, ao construir uma teoria física, definimos tanto as grandezas quanto as hipóteses de acordo com as leis experimentais. Contudo, ao propormos uma teoria mecânica, nos impomos, além disso, a obrigação de introduzir nessas definições e hipóteses apenas um número muito restrito de noções de natureza determinada. De outro modo, Duhem elabora sua concepção estruturando-a a partir das definições e hipóteses enunciadas que são aplicáveis às leis experimentais, diferentemente do que acontece quando se desenvolve uma teoria mecânica, cujo procedimento é o de restringir o número dos elementos pelos quais se pode ligar o sistema com conjunto de leis vigente. A “precisão”, intencionada pela mecânica, restringe as possibilidades experimentais do físico. Com o intuito de apresentar, de maneira clara, o inconveniente da teoria mecânica frente à física teórica, Duhem (1989a, p. 24) faz uma analogia: imagine-se dois artistas, aos quais se solicita que representem a forma de um mesmo objeto, de modo que a um deles se permite o uso de todos os recursos para expressar tal objeto; em contrapartida, ao segundo artista, só se permite o emprego do traço para representar tal imagem. Assim, Duhem conclui, por meio dessa analogia, que:

O primeiro, pelo jogo das sombras, poderá com um único traçado dar do objeto uma representação que o segundo igualará com muito esforço desenhando um grande número de perfis. O primeiro artista é a imagem do físico que compõe uma teoria física, o segundo do físico que constrói uma teoria mecânica (DUHEM, 1989a, p. 24).

Assim, uma teoria oferece mais garantias de exatidão e duração, quando as hipóteses,

sobre as quais ela repousa, estão mais próximas da simples tradução das leis experimentais. A teoria mecânica, diferentemente, apresenta um grande número de hipóteses que não tem a experiência por origem, isto é, ocorre, de acordo com Duhem, de que muitas vezes a teoria mecânica é resultado de “exigentes convenções arbitrariamente colocadas pelo físico” (DUHEM, 1989a, p. 24).

Duhem apresenta o exemplo da teoria mecânica da luz, na qual constitui-se algumas noções, como a de cor e a intensidade de luz. Essas noções são representadas por meio de uma grandeza, de modo que no caso das cores, cada uma apresentará um valor determinado; no que concerne à intensidade de luz, determina-se que dois pontos igualmente iluminados deverão apresentar a mesma grandeza, por exemplo: ao primeiro ponto luminoso atribuímos sua grandeza como A, e ao segundo ponto, que apresenta a mesma quantidade luminosa também será atribuído a grandeza A; no entanto, se um ponto apresentar luminosidade menor em relação a outro, esse primeiro será quantificado como B, de modo que o segundo, mais iluminado, apresentará como grandeza A. O modelo ótico, como o apresentado acima é desenvolvido a partir de leis experimentais e realiza suas generalizações conforme for necessário e cabível para investigar alguns fenômenos observáveis, tais como a propagação da luz, as interferências, a reflexão, a refração e a dispersão (DUHEM, 1989a, p. 23).

No entanto, essa transcrição do modelo observacional, pelo qual as hipóteses são construídas, não é suficiente para compor uma teoria mecânica da luz. Pois como vimos, a mecânica tem a necessidade de adicionar determinado “sistema fictício”, que permita sustentar uma materialidade que fundamente sua ideia de natureza íntima da matéria. Duhem faz referência a Maxwell e a Thomson, que acrescentam em seus estudos sobre os fenômenos luminosos as propriedades mecânicas do éter.

A teoria física¹³ tem, segundo Duhem, em sua base as exigências das leis experimentais em conjunto com as premissas da álgebra e da geometria com o intuito de compor suas hipóteses e grandezas, ao passo que a teoria mecânica, por sua vez, demanda que tais grandezas e hipóteses sejam correspondentes às noções de determinada natureza íntima.

Em decorrência das exigências mecânicas, o físico, incumbido de operar tais teorias, terá seu campo de ação restringido, uma vez que a teoria física deverá se enquadrar aos paradigmas mecânicos.

¹³ A teoria física conforme a perspectiva de Duhem será vista de forma mais detalhada no capítulo III.

Quando nos propomos construir uma teoria mecânica, nos impomos, além disso, a obrigação de introduzir nessas definições e hipóteses apenas um número muito restrito de noções de natureza determinada. O primeiro inconveniente de semelhante método é que, restringindo o número dos elementos por meio dos quais deve ser construído o símbolo de um conjunto de leis, não se deixa outro recurso ao físico, para responder a todas as exigências da experiência, senão o de complicar as combinações que ele forma com esses elementos (DUHEM, 1989a, p. 24).

Nesse sentido, entende-se que a teoria mecânica apresenta determinadas limitações no que concerne ao seu desenvolvimento, pois o grau de complexidade encontrado nas teorias mecânicas tende a dificultar o trabalho do físico. As hipóteses contidas nas teorias mecânicas derivam de uma sofisticação descritiva sobre certo meio - como fizeram em Maxwell e Thomson ao acrescentar propriedades do éter em seu sistema como pano de fundo para uma teoria da luz -, de modo que algumas hipóteses mecânicas se originam fora do âmbito da experiência, para Duhem (1989a, p.24) uma teoria física sem seu referencial na experiência é “o germe que mata todas as teorias mecânicas”.

De acordo com Duhem, uma teoria física vislumbra, em seu limite, algumas características essenciais no que tange a sua duração e exatidão, tal como: hipóteses que sejam o mais próximo possível das simples traduções das leis experimentais. A teoria mecânica tende a não cumprir as expectativas de simplicidade, uma vez que apela a substituições uma após a outra, diferentemente, de como idealmente procederia, isto é, a teoria incorporaria as melhores considerações acerca dos fenômenos.

Mediante as comparações entre a teoria mecânica e as leis experimentais identificam-se, de acordo com Duhem (1989a, p. 17), tanto consequências verificáveis como contraditórias. Enquanto as hipóteses verificáveis representam, como afirma nosso autor, uma relação de proximidade com a simples tradução da lei experimental, de maneira oposta, as divergências encontradas nas hipóteses mecânicas, quando confrontadas com as experiências, são resultadas das imposições exigidas pela prévia concepção de natureza mecânica. Duhem, por meio dessa análise, considera que “os físicos são levados pouco a pouco a suprimir essas últimas hipóteses [mecânicas] para conservar somente as primeiras [experimentais]” (DUHEM, 1989a, p. 25).

Ao apresentar alguns dos principais aspectos que constituem a teoria mecânica, e as fragilidades que a integram, Duhem nos propõe a seguinte questão: como explicar a ampla aceitação e a alta consideração que faz com que a teoria mecânica seja tomada por tantos

físicos como o modelo supremo de ciência? Duhem responde a essa questão remetendo a uma característica irresistível ao espírito humano: a investigação da natureza das coisas materiais com o intuito de descobrir a razão de ser das leis que os regem. Trata-se também de um apego às hipóteses adotadas em sua investigação que o faz com que o físico se convença de tais leis. Nas palavras de Duhem:

Esta tendência move todo homem, desde o selvagem mais supersticioso até o filósofo mais curioso. Como ela não afetaria também, com grande intensidade, aquele cujas meditações contínuas têm por objeto o mundo físico? A esta tendência acrescentemos o desejo que possui naturalmente todo homem de aumentar a importância de um objeto que ele há muito tempo e penosamente perseguiu. Compreendemos, sem dificuldade, como o físico é conduzido a tomar os sistemas, que ele construiu tendo em vista representar simbolicamente as leis experimentais, como uma explicação metafísica dessas leis (DUHEM, 1989a, p. 25).

O ímpeto pessoal é a causa que leva muitos investigadores a buscar a razão de ser das leis físicas e sua causa primeira, que os lança no campo de investigação metafísica. Isso se deve ao meio em que o indivíduo está inserido, ou seja, o pesquisador sucumbe aos moldes adotado pela comunidade científica. Abrantes (1989, p. 37) corrobora essa interpretação ao citar o exemplo dos físicos ingleses, como segue:[...] o fracasso do programa de busca de explicações mecânicas levou os físicos ingleses, por uma necessidade “psicologia”, a buscarem “modelos mecânicos”¹⁴ que simulem ou imitem os fenômenos físicos.

São, conforme insiste Duhem, duas as maneiras pelas quais o indivíduo compreende a física: a primeira consiste na busca de explicações imediatas com a finalidade de satisfazer as necessidades materiais, e a outra condição é exigir uma explicação que corresponda ao desejo de tudo compreender.

Para Duhem, a teoria mecânica, erigida tal como expusemos, não pode oferecer senão uma estrutura frágil, que quando colocada em xeque por alguma impossibilidade de incorporação de um elemento novo, será facilmente superada por outra. A possibilidade de “troca” de teorias não deve, de acordo com Duhem, compor o ideal de uma teoria física, na medida em que uma teoria deve caminhar rumo à estabilidade.

O desejo natural de ampliar o conhecimento, mesmo que momentaneamente, por meio da teoria mecânica faz com que o indivíduo sedento pelo conhecimento passe a dar mais

¹⁴ Cf. Duhem (1989c, p. 68) os modelos mecânicos “são corpos concretos, semelhantes àqueles que vemos ou tocamos, sólidos, rígidos ou elásticos, fluidos compressíveis”.

crédito àquela mecânica com base metafísica, do que a uma teoria física elaborada por físicos cautelosos. Nesse sentido, comenta Stoffel: “entendemos que tudo obriga o físico a buscar não a coordenação das leis, mas a explicação dessas leis; que tudo o move para a física mecânica, que é abundante nesse sentido, enquanto a física teórica tenta protegê-lo” (STOFFEL, 2002, p. 134). Sobre o papel da teoria física Duhem sugere que:

Imaginemos, com efeito, que um pesquisador, sempre que define uma grandeza física, tenha o cuidado de assinalar que essa grandeza está somente sujeita a simbolizar uma noção de origem experimental por algumas de suas características e que, desse modo, sua definição seja inteiramente livre. Imaginemos que, todas as vezes que ele enuncie uma hipótese, tenha o cuidado de assinalar até que limite essa hipótese é a tradução de uma lei da experiência. Qualquer que seja a extensão ou a fecundidade de sua teoria, será difícil que ele perca de vista seu caráter exclusivamente simbólico e acredite que obteve uma explicação das leis que representou. Imaginemos, ao contrário, um pesquisador que tenha construído, peça por peça, um mecanismo mais ou menos complicado, cujas diversas propriedades representem um certo número de leis físicas. Ele poderá mais facilmente esquecer que, se certas propriedades de seu mecanismo simbolizam certas leis do mundo, seu mecanismo em si mesmo não representa o mundo. Para representar uma noção física, ele formou uma concepção complexa. Ele poderá crer que, assim como essa concepção complexa representa a noção física, os elementos que compõem essa concepção representam as causas que fazem nascer essa noção em nós. Seu erro é semelhante àquele de um mecânico que, ao ver o autômato que ele construiu imitando os movimentos de um homem, acaba por imaginar que a estrutura do autômato representa o organismo humano (DUHEM, 1989a, p. 26).

As teorias mecânicas constituem nesse cenário não apenas um aspecto ludibriante e sedutor, como mostram certa fecundidade: como se percebe pelo questionamento de Duhem (1989a, p. 26) ao indagar como são possíveis os progressos da física, se essas mecânicas têm por princípio uma idéia tão completamente errônea do papel da física.

A mecânica ganhou espaço na comunidade científica compreensivelmente: nomes como Descartes, Newton, Huygens, Laplace, Poisson, Fresnel, Cauchy são todos adeptos da ideia de que a física deve ser puramente mecânica, daí provém a física moderna. A teoria da luz, criada por Fresnel, segundo Duhem (1989a, p. 28), é uma das mais frutíferas teorias e se trata de uma teoria mecânica.

Duhem considera, acerca da mecânica, que é sempre no início de uma ciência que o seu papel é pior definido. Mais do que os demais, os que a criam são levados a exagerar seu alcance. Desse modo, ao proceder de maneira segura por padrões, não é espantoso que os teóricos físicos tenham aderido a perspectiva mecanicista da física. Contudo, se partirmos

desse pressuposto, de que conforme a jovialidade da ciência, mais radicais são seus adeptos, de forma contrária, podemos considerar que com a maturidade e com o desenvolvimento dessa teoria física, seus seguidores devem aperfeiçoá-la ao ponto de conseguir entender cada vez melhor o alcance de sua ciência e de seu objetivo. A fim de esclarecer como ocorre a evolução de uma teoria, Duhem apresenta a seguinte analogia:

[...] na infância, a ingenuidade coincide com a aquisição de uma massa enorme de conhecimentos sem que uma dessas características possa ser vista como conseqüência da outra; uma e outra simplesmente coincidem e isso porque ambas derivam das leis de desenvolvimento da inteligência humana. É no início de seu desenvolvimento intelectual que a criança aprende mais. É também nesse início que ela percebe com menos exatidão o valor desses conhecimentos (DUHEM, 1989a, p. 28).

A teoria mecanicista do final do século XIX, como lembra Duhem, entra em decadência, de modo que gradualmente cresce a importância das teorias físicas. O movimento crescente da teoria física faz com que essa se afaste da base metafísica de outros tempos.

À medida que se tem melhor conhecimento do papel puramente simbólico das teorias físicas, essas tornar-se-ão mais independentes das doutrinas metafísicas em voga e, simultaneamente, renunciarão à pretensão mal fundada de impor seu sistema à metafísica (DUHEM, 1989a, p. 29).

Assim como ocorreu com a matemática, no que diz respeito às influências das doutrinas metafísicas e teológicas em relação ao tratamento das noções de finito e infinito, a teoria física tende a se libertar dos preceitos metafísicos, como aqueles que “fundamentavam” a teoria mecânica. A liberdade desejada em relação à metafísica, delimitadora e constitutiva do alcance da teoria mecânica, era o primeiro passo a caminho da teoria física, entendida como uma tradução de fenômenos, sem compromissos explicativos com a tarefa de dizer “como o mundo é feito” ou com a afirmação de que “essa é a explicação do universo” (DUHEM, 1989a, p. 27).

Capítulo 2

A teoria física autônoma

2.1 A teoria física mecânica e o seu caráter explicativo

Em *A Evolução da Mecânica* (1905), Duhem desenvolve sua concepção a partir de um ponto de vista histórico sobre a teoria mecânica que rege a física, isto é, trata-se de uma análise que percorre desde o modelo de física proposto por Aristóteles o proposto por Newton. A intenção de Duhem ao reavaliar o desenvolvimento da mecânica é apontar a referência que permitiu que a teoria física tivesse em seu horizonte a finalidade de fornecer a representação da realidade íntima que compõem a matéria, os pontos essenciais que a fundamenta e que permitem erigir suas teorias.

Antes de *A Evolução da Mecânica* Duhem já havia apresentado em alguns artigos a sua crítica ao mecanicismo, a saber, no seu artigo intitulado *Algumas reflexões sobre as teorias físicas* de 1892 e em *Física e Metafísica* de 1893. A oposição de Duhem ao mecanicismo não consiste apenas em substituir o modelo vigente de seu tempo por sua própria proposta de teoria física. Mais do que isso, Duhem tem como compromisso uma revisão da teoria física, principalmente, no que diz respeito ao seu caráter explicativista, isto é, com relação à intenção de explicar a razão de ser dos fenômenos do mundo, como a tradição havia adotado.

É muito convincente, como Duhem (1905, p. 130) exemplifica a partir das teorias de Maxwell, a evolução do modelo mecânico sintético para o analítico. Para Duhem a mecânica sintética impõe algumas dificuldades à física, especialmente como decorrência de sua forma complexa¹⁵. A mecânica analítica, por sua vez, afasta-se da elaboração de conjecturas que têm como escopo simular os fenômenos investigados. Conforme comenta Chiappin (2017, p. 43), o que a mecânica analítica tem como “tarefa é construir as equações algébricas da energia cinética e potencial do sistema e aplicá-las às equações de Lagrange”.

No entanto, apesar de Maxwell reconhecer a fragilidade do modelo sintético, a mecânica analítica, a que se propõe, não está livre das críticas de Duhem. Pois, para Duhem, o método analítico impõe muitas exigências à construção teórica, tal como o caso do éter, em que postula-se como elemento necessário aos estudos da ótica. O que Duhem (1989a, p. 24) critica na tese analítica é que, conforme verificado historicamente, as teorias mecânicas desaparecem da ciência umas após as outras. Duhem atribui a troca constante das teses físicas ao interesse das escolas mecânicas por pesquisar a natureza das coisas materiais que

¹⁵ Assim como foi desenvolvido na seção 1.3 do capítulo I desta dissertação.

nos cercam e a razão de ser das leis que regem os fenômenos observados.

Para Duhem, os seguidores da mecânica visam representar simbolicamente as leis experimentais, como uma explicação metafísica dessas leis. Em *A Teoria Física: seu objeto e sua estrutura*, obra originalmente publicada em 1906, Duhem considera que para os mecanicistas "uma teoria física tem por objetivo a **EXPLICAÇÃO** de um conjunto de leis experimentalmente estabelecidas". (DUHEM, 2014, p. 31). Conforme podemos observar, Duhem é enfático com o termo "Explicação", pois entender a teoria física como uma explicação caracterizaria a posição mecanicista tradicional. Haja vista que, etimologicamente, "Explicar, *explicare*, é despir a realidade das aparências que a envolvem como véus, a fim de ver essa realidade nua e face a face" (DUHEM, 2014, p.31).

Duhem destaca que os fenômenos físicos e as leis, diferentemente de como indicam os mecanicistas, não nos colocam em contato com a realidade em si, mas apenas com os fenômenos que constituem o mundo empírico. Quando o intento de um grupo de físicos é explicar, entende-se, assim, que a teoria física está sob a condição de erigir sua ciência a partir da captação da realidade, de modo que seus pesquisadores buscam responder à seguinte questão: qual é a natureza dos elementos que constituem a realidade material e as suas causas mecânicas?

Sendo assim, podemos concluir que o mecanicismo, conforme a interpretação duhemiana, pretende desvelar a realidade, ou seja, essa perspectiva utiliza modelos mecânicos para, no mínimo, "figurar" a realidade. Duhem emprega, em *A Evolução da Mecânica*, o exemplo de Boltzmann, ressaltando seu caráter atomista:

Parece que os defensores mais convencidos da hipótese cinética, e em particular o ilustre L. Boltzmann, desistiram de trazer este caos de volta à ordem e unidade, para tirar desta hipótese, ajudada por uma série de suposições secundárias, uma doutrina coerente, consistente com todos os fatos revelados pelo estudo de gases perfeitos. Eles parecem se resignar a não ver, nas várias formas da teoria cinética, mais do que exemplos mecânicos, que imitam certas propriedades dos gases, que podem, por analogia, dar aos experimentadores indicações úteis, mas que não explicam a constituição real dos gases, que não provam que a matéria é realmente formada como os atomistas querem (DUHEM, 1905, p. 100).

De acordo com Maiocchi (1985, p. 386), a falta do caráter orgânico à teoria atomista, ou dito a partir de outra perspectiva, o seu caráter fragmentário e contraditório, é seu aspecto principal, o que nos permite classificá-la como um modelo figurativo, modelos esses, que

por sua vez, impedem o progresso científico.

2.2 Dos limites da explicação

Como bem resume Duhem (1989b, p. 45) "[a] limitação [da explicação] se deve não à natureza das coisas estudadas, mas sim aos limites do nosso conhecimento". Ao se considerar que, para Duhem, investigar a essência não faz parte da tarefa própria do cientista, cabe perguntar - pergunta que é a espinha dorsal da principal obra de Duhem - qual o objetivo da teoria física? Questão, que como vimos, torna-se recorrente.

Assim como Duhem apresenta, em *A Teoria Física: seu objeto e sua estrutura*, a perspectiva adotada por alguns estudiosos físicos (lógicos), e que também norteou o desenvolvimento da mecânica como objetivo da teoria física é explicar um conjunto de leis empíricas. Contudo, para Duhem, a ideia da explicação da realidade empírica ultrapassa os limites da ciência e é semelhante à metafísica.

Leite (2013) indica as possíveis influências da metafísica no processo de construção da teoria física, do seguinte modo:

(a) o nível das convicções filosóficas íntimas do cientista, que dirigem as suas escolhas teóricas; (b) o nível das descobertas científicas coletivas e historicamente importantes, calcadas em especulações cosmológicas e (c) a existência bem mais ampla de uma tradição de pesquisa metafísica concreta, que se revelou fecunda no curso de dois milênios (LEITE, F. R., 2013, p. 309).

Se por um lado a tradição da física mecânica e os estudiosos físicos (lógicos) do século XIX são partidários da concepção física que visa explicar a natureza dos fenômenos, por outro, Duhem defende que a teoria física deve ser uma representação sistemática de um conjunto de leis experimentais.

A objeção de Duhem estrutura-se a partir da incapacidade do cientista ter uma relação direta com a realidade por trás dos fenômenos observados. A observação, segundo o autor, permite apreender os fenômenos numa forma particular. A ciência opera buscando e classificando por meio das leis da experiência os fenômenos percebidos, e não tem como

objeto a realidade material.¹⁶

Quando a teoria física é interpretada como explicação, seu objetivo é afastar o véu das aparências e apreender a realidade, ou seja, isso pressupõe que se deve aceitar *a priori* que por trás da observação há uma realidade que difere dos próprios fenômenos. Duhem considera que esta condição é fundamentalmente metafísica – ficando fora dos limites da ciência.

A ideia da explicação da realidade empírica ultrapassa os limites da ciência e é semelhante à metafísica. A partir de evidências empíricas, Duhem considera que a mente humana não pode conhecer a estrutura mais profunda do universo, ou seja, as substâncias escondidas por trás dos fenômenos, mas apenas está ao nosso alcance epistemológico ter acesso aos fenômenos que compõem o resultado da experiência.

Duhem circunscreve seu objeto de análise a fim de investigar como podemos interpretar uma ciência física autônoma, isto é, livre da metafísica. No entanto, isso não significa que Duhem esteja deslegitimando a possibilidade de um conhecimento a partir da metafísica, o que nosso autor almeja é assegurar os limites do conhecimento científico – em oposição ao conhecimento metafísico. Nas palavras de Duhem:

A inteligência do homem não possui o conhecimento direto, a visão imediata da essência das coisas exteriores; o que conhecemos diretamente dessas coisas são os fenômenos (dos quais elas são a fonte) e a sucessão desses fenômenos. Do conhecimento dos fenômenos podemos extrair um certo conhecimento das próprias coisas, porque elas são causas eficientes desses fenômenos e porque o conhecimento de um efeito nos fornece algumas informações sobre a substância que causa esse efeito, sem nos dar, portanto, um conhecimento pleno e adequado dessa substância (DUHEM, 1989b, p. 42).

Dessa forma, o propósito do filósofo francês é marcar um critério de fronteira entre a física e a metafísica. Duhem, de acordo com o trecho acima, induz a uma distinção quanto aos tipos de conhecimento que nos são franqueados, isto é, dividindo o que podemos conhecer diretamente – investigações do campo da física - e o que alcançamos apenas de modo indireto e indu – trata-se do objeto de investigação acerca da causalidade dos fenômenos, ou seja, a metafísica.¹⁷

¹⁶ Assunto discutido no capítulo III, na seção 3.5.

¹⁷ As definições oferecidas por Duhem sobre o que é a metafísica e a física é desenvolvida na seção 2.3 do presente capítulo.

Assim, para adquirir uma compreensão do mundo exterior tão completa quanto permitam nossos meios de conhecer, precisamos escalar sucessivamente dois degraus da ciência: precisamos, em primeiro lugar, estudar os fenômenos e estabelecer as leis segundo as quais eles se dão; em segundo lugar, induzir desses fenômenos as propriedades das substâncias que os causam (DUHEM, 1989b, p. 42).

Para Duhem, o conhecimento pretendido pela metafísica sobre as coisas é mais profundo do que o fornecido pela física. No entanto, embora a metafísica represente superioridade (se pensarmos na metáfora dos degraus), a física possui algo mais importante, e que é sua ordem lógica.¹⁸ Em outras palavras, para que uma investigação metafísica sobre um objeto externo no mundo - ou seja, de âmbito material - ocorra com sucesso, é necessário que a metafísica tenha por fundamento o substrato fornecido pela física. Duhem inverte a hierarquia tradicional fazendo com que a física ocupe o lugar mais fundamental da ordem de produção de conhecimento.

No que tange à potencialidade de conhecimento, podemos considerar que, em Duhem, um conhecimento completo a partir da experiência não nos permite obter um conhecimento completo e satisfatório das causas que engendram tais fenômenos. Desse modo, Duhem argumenta que a expectativa de uma teoria física explicativa não corresponde ao seu alcance epistemológico, pois ele considera que a percepção humana não capta diretamente a realidade, diferentemente do modo que a teoria física explicativa espera.

De maneira geral, a teoria física não pode alcançar tal grau de perfeição, afirma Duhem (2014, p. 33). Segundo ele, a teoria física não pode apresentar uma *explicação certa* das aparências sensíveis; não pode tornar acessível aos nossos sentidos o que afirma residir sob tais aparências; então se contenta em provar que todas as nossas percepções se produzem *como* se a realidade fosse como ela o afirma. O problema aqui apresentado decorre ora da percepção que nossos sentidos têm do mundo, ora da realidade que de fato subjaz àquilo que chamamos de aparência. Desse modo, a proposta de Duhem é de que a interpretação que fazemos do mundo seja aproximada da teoria física, sem que esta última tenha em sua finalidade o objetivo de explicar tais fenômenos. A teoria física representaria, assim, uma

¹⁸ A ideia de ordem lógica aqui desenvolvida por Duhem abrange o aspecto de prioridade do conhecimento, em suas palavras: “Podemos conhecer a essência das coisas apenas enquanto essa essência é a causa e a razão de ser dos fenômenos e das leis que os regem. O estudo dos fenômenos e das leis deve, portanto, preceder a procura das causas” (DUHEM, 1989, p. 43).

leitura esquemática daquilo que é percebido no mundo (1989d, p. 91). Duhem busca estabelecer um modelo de teoria física que represente adequadamente acerca das nossas percepções, de modo que a física que nossos sentidos interpretam possam, em seu limite, considerar a falibilidade epistemológica do indivíduo que conhece o mundo, isto é, a observação dos dados a qual o físico tem acesso não pode assegurar uma explicação do mundo. Duhem afirma que:

As leis experimentais não têm mais por objeto a realidade material; elas tratam essas mesmas aparências sensíveis tomadas, é certo, sob forma abstrata e geral. Despindo e rasgando os véus dessas aparências sensíveis, a teoria vai, nelas e sob elas, procurar aquilo que há realmente nos corpos. Por exemplo, instrumentos de corda ou de sopro produzem sons que escutamos atentamente e que observamos se fortalecerem ou se arrefecerem, subirem ou descerem, apresentarem nuances de mil formas, produzindo em nós sensações auditivas, emoções musicais: eis aí *fatós acústicos*. Nossa inteligência, seguindo as leis que presidem seu funcionamento, faz essas sensações particulares e concretas sofrerem uma elaboração que nos fornece noções gerais e abstratas: intensidade, altura, oitava, acorde perfeito maior ou menor, timbre, etc. As leis experimentais da acústica têm por objeto enunciar as relações fixas entre essas noções e outras igualmente abstratas e gerais. Mas essas noções abstratas - intensidade de um som, altura, timbre - descrevem à nossa razão somente as características gerais de nossas percepções sonoras; elas fazem conhecer o som tal como ele é com relação a nós, não como ele é nele mesmo, nos corpos sonoros (DUHEM, 2014, p. 32).

No caso da ótica, seguindo as ideias de Duhem, a análise racional dos fenômenos observados nos direciona a certas noções abstratas e gerais para exprimir as características que encontramos nas percepções luminosas. Trata-se de se estabelecer relações fixas.¹⁹ Se por um lado a teoria acústica pode ser passível de certeza, devido à possibilidade de percepção e reprodução dos movimentos do som, por outro, na teoria física não podemos perceber a realidade que se esconde por trás do fenômeno, de forma que só podemos, assim, propor *explicações hipotéticas* (DUHEM, 2014, p. 33). As explicações hipotéticas postulam certas realidades físicas, ao menos aquelas que buscam desvendar os fenômenos, no entanto, elas podem apenas supor essas realidades sem poder de forma alguma dar provas. No máximo elas, as teorias físicas, podem se esforçar em mostrar as correspondências com os fenômenos observados.

A crítica feita por Duhem gira em torno do que há por trás do fenômeno percebido –

¹⁹ Uma abordagem mais precisa e crítica acerca do método experimental na teoria física Duheminiana é desenvolvida no capítulo III, seção 3.5. A apresentação feita neste ponto sobre a experimentação tem como finalidade apenas apontar os limites fenomênicos da percepção humana.

não cabe ao cientista (ao físico) discorrer acerca da possibilidade de uma realidade não observável, nas palavras de Duhem:

Para usar essas noções [dos fenômenos e das leis físicas], para fazer uso desses princípios não é necessário fazer uso da metafísica; em si mesmo, esses princípios, essas noções, aparecem a nossa inteligência suficientemente certos e distintos para que possamos, sem receio de confusão ou de erro colocá-los em uso através do método experimental. De fato, muitos físicos utilizam com segurança, precisão e fecundidade essas noções e princípios, fundamentos da ciência, que eles aprofundam e desenvolvem, sem se interrogarem por um único instante o que viria a ser do ponto de vista metafísico um corpo ou uma lei (DUHEM, 1989b, p. 45).

Assim, a possibilidade de realidade por trás dos fenômenos não é objeto de investigação dos cientistas, uma vez que o objetivo da ciência para Duhem não é considerar pressupostos que ainda não foram verificados ou construídos a partir da experiência. Pois, uma investigação dessa natureza, a saber, do que está além do fenômeno, seria pressupor a possibilidade de explicar, sem mediações, a causa primeira dos fenômenos, isto é, explicar a realidade de modo direto e não hipotético.

Para que a teoria física explique a natureza das coisas, ela deve pressupor a existência e a natureza das realidades materiais (DUHEM, 2014, p. 33). Para que uma teoria física alcance a explicação, Duhem afirma que ela deve descartar as aparências sensíveis para atingir a realidade física. Como exemplo disso o autor apresenta o caso da dispersão da luz de Newton, por meio do qual o físico nos ensina a decompor a luz que emana do sol. Essa luz complexa é decomposta em luzes mais simples, sendo possível determinar cada cor. Contudo essas cores determinadas não passam de representações abstratas e gerais de certas sensações. O que Duhem vai dizer desse caso é que, embora Newton tenha dissolvido a complexidade, ele não eliminou as aparências sensíveis, uma vez que eliminar as aparências sensíveis é o ideal para uma teoria física que vise a explicação, de modo que não atingiu o necessário para constituir uma teoria ótica. Nas palavras de Duhem:

Para que tal exame tenha sentido, para que se possa propor sua realização, é necessário, antes de tudo, que se tome como certa a seguinte afirmação: sob aparências sensíveis que nos revelam nossas percepções, existe uma realidade distinta dessas aparências. Garantido este ponto, fora do qual a busca de uma explicação física não se poderia conceber, não é possível que se possa alcançar semelhante explicação a não ser que se tenha respondido outra questão: qual é a natureza dos elementos que constituem a realidade material? "Ora, essas duas questões: 'existe uma realidade material distinta das aparências sensíveis?' e 'de qual natureza é tal realidade?' não pertencem de forma alguma ao método experimental. Este só conhece as

aparências sensíveis e não pode descobrir nada que as ultrapasse. A natureza dessas questões transcende os métodos de observação empregados pela Física. Ela é objeto da Metafísica. Então, *se as teorias físicas têm por objetivo explicar as leis experimentais, a Física teórica não é uma disciplina autônoma. Ela está subordinada à Metafísica*" (DUHEM, 2014, p. 34).

Portanto, a premissa de Duhem, que nos guia nesta dissertação, não conduz a uma ciência explicativa, mas a uma compreensão possível e melhor da realidade. Para Duhem a teoria física é, então “[...] um sistema, uma construção simbólica destinada a resumir o conjunto de leis experimentais em um pequeno número de definições e princípios. Eis o seu papel, útil, mas modesto” (1989a, p. 26). Para o físico francês a teoria física deve seguir o caminho autônomo, isto é, representar de forma tão mais simples quanto completa e com a maior exatidão possível um conjunto de leis experimentais.

2.3 A necessidade de demarcação entre física e metafísica

O ponto nevrálgico da filosofia da ciência de Duhem consiste no preceito de que a ciência deve ser realizada sem que o cientista investigue o que há por trás do fenômeno percebido: não cabe ao cientista (ao físico) discorrer acerca da possibilidade da realidade última.

Duhem não era o único em seu tempo a se opor à ideia de teoria física explicativista com tendências metafísicas, essas mesmas preocupações podem ser encontradas nas obras de Rankine, Mach e Poincaré²⁰. No entanto, cabe ressaltar que a preocupação com o problema da demarcação do conhecimento, isto é, com a distinção entre o que pode e o que não pode ser conhecido pela razão humana, não é uma questão nova, mas pertencente a todos os tempos desde o surgimento de uma ciência da natureza. Embora enunciadas de maneiras variáveis, conforme a ciência do momento, é possível detectá-las sob diversas vestimentas.²¹

²⁰ Não trataremos nesta dissertação das divergências e das possíveis concordâncias entre esses autores, contudo, indica-se a leitura, como faz Lucas Roumengous, da obra de Poincaré: “*Théorie mathématique de la lumière. II :Nouvelles études sur la diffraction. Théorie de la dispersion de Helmholtz*”, Revue des Questions Scientifiques, 17^e année, t. XXXIII (2^e série, t. III), janvier 1893, p. 257-259. Poincaré afirma em seu prefácio que “as teoria matemáticas não têm por objetivo nos revelar a verdadeira natureza das coisas”, ou seja, a discussão do autor indica uma clara aproximação com Duhem. Sobre Mach, a indicação de texto se reduz a: “*La mécanique : Étude historique et critique de son développement*”, Bulletin des Sciences Mathématiques, t. XXXVIII (2^e série, t. XXVII), octobre 1903, 1^{re} partie, p.261-283.

²¹ Como bem observa Videira: Sem ter como explicar o porquê das existências dos objetos e fenômenos naturais, outro problema se impunha à ciência: em que medida ela alcança a verdade? Kant defendeu que a metafísica, para se transformar numa ciência, tal como a física matemática de Galileu e Newton, deveria aceitar algumas

Outra circunstância na qual a proposta de Duhem também faz referência é ao fato de que por um lado ele se depara com o obscurantismo da teoria física, e que por outro, com uma tendência modernista, como denomina Boyer (1992, p. 312), ou seja, assim como é necessário defender a igreja contra o ataque do cientificismo, em contrapartida, deve-se defender também a ciência da acusação de ateísmo materialista. Trata-se de um período de muita polêmica devido à crise da fundamentação da física - que representava o mais importante modelo de cientificidade.

Um dos principais problemas que a obra *A Teoria Física: seu objeto e sua estrutura* (1906) aborda, se não o principal, e que pode ser visto também como um dos principais problemas que compõem a filosofia da ciência do começo do século XX, é a demarcação entre ciência e metafísica. A separação vislumbrada no começo do séc. XX, de acordo com a linguagem empregada por Duhem, se caracteriza como o problema da distinção entre teoria e representatividade, de um lado, e teoria e explicativismo, de outro. De acordo com a proposta duhemiana as teorias representativas têm por finalidade oferecer “uma forma matemática própria para resumir e para classificar leis constatadas pela experiência” (DUHEM, 1989e, p. 132), enquanto que as teoria explicativas propõem apresentar explicação a partir de um conjunto de leis experimentalmente estabelecidas.

No artigo de 1892, intitulado *Algumas reflexões sobre a teoria física*, Duhem aborda, dentre outros aspectos, as limitações da mecânica como sendo parte integrante da teoria física. A oposição de Duhem ao modelo mecânico gerou algumas queixas por parte de seus contemporâneos, como no caso de Vicaire²², que em resposta ao artigo de 1892 de Duhem, afirma que:

Não é verdade que a ciência positiva, ao construir suas teorias, tenha simplesmente por objeto classificar as leis experimentais. Seu legítimo objeto é a procura das causas: negá-lo é sustentar uma doutrina suspeita de

coisas como dadas. Assim, procurava-se analisar as condições de possibilidade do conhecimento sobre as coisas para que, no nível fenomênico, fosse possível garantir a verdade. Com esse fim, Kant aproximou a metafísica da teoria do conhecimento. Ele jamais colocou em questão a existência da ciência, o que o levou a escolher, como um tipo de conhecimento merecedor de ser incentivado, aquele que se preocupasse em saber de que forma os fenômenos deveriam nos aparecer para serem investigados criteriosamente. Ele recorreu à física matemática como modelo de ciência, uma vez que Galileu e Newton partiram do pressuposto de que haveria um conhecimento sobre as coisas, ou melhor, existiria uma ciência independente da presença do ser humano enquanto agente cognoscente. O conhecimento seria universal. Contudo, como reconhecer essa universalidade? Como construí-la? Antes mesmo da filosofia crítica de Kant, já era possível se deparar com sugestões de que a fundamentação desse novo tipo de conhecimento deveria ser alcançada através apenas das faculdades intelectuais dos seres humanos. Em que pese perseverar no século XVII uma preocupação com a salvação das almas - o que não pode ser desprezado, com o passar do tempo, as questões relativas à natureza do conhecimento passaram a ser prioritárias em detrimento de preocupações teológicas (VIDEIRA, 2011, p.190).

²² Duhem indica o seguinte texto : E. Vicaire, “*De la valeur objective des hypothèses physiques*”, Ibid., Tomo III, 1893, Apud. DUHEM, 1893[1989], p. 41.

positivismo e capaz de conduzir ao ceticismo. Essa doutrina, condenada por toda tradição dos grandes físicos, é perigosa, pois ela mata a atividade científica (VICAIRE, 1893, *apud* DUHEM, 1989b, p.41).

Um ano após a crítica de Vicaire, Duhem enfatiza, no artigo intitulado *Une nouvelle théorie du monde inorganique*, a importância de demarcar a fronteira entre física da metafísica, ressaltando que a revisão do modelo físico não tem como objetivo destruir a metafísica, longe disso, essa medida é necessária, segundo Duhem, a fim de repensar o papel que a metafísica deve exercer nas investigações da física.

Peço desculpas a meu sábio contraditor, mas acredito que ele não me compreendeu; buscando marcar a separação entre a ciência positiva e a metafísica, não pretendo desdenhar nem de uma, nem de outra destas duas ciências, e penso em facilitar seu acordo, muito mais do que quando se confunde o objeto e o método de uma com o objeto e o método da outra (DUHEM, 1893, p. 123).

Duhem não subestima o alcance da metafísica. Como afirma na segunda parte de seu artigo de 1893, a saber, em: *Na Ordem Lógica, a Física precede a Metafísica*,

Negar de uma maneira absoluta a possibilidade de um tal caminho do espírito parece-nos no mínimo temerário. Teoricamente é possível que o conhecimento da natureza das coisas, obtido pela metafísica, permita estabelecer, por via dedutiva, uma verdade física; mas, praticamente, o método que consistiria em tomar a metafísica como ponto de partida na descoberta de verdades físicas se mostra muito difícil e cheio de perigos. É fácil descobrir a razão disso (DUHEM, 1989b, p. 44).

Para Duhem, Descartes é um dos principais alvos no que tange à mescla entre os meios de conhecimento - física e metafísica. Duhem sugere, ao mencionar o recurso metafísico que compõe a física cartesiana, que Descartes ultrapassa os domínios estabelecidos pela filosofia peripatética. Segundo Duhem, a tradição filosófica está em concordância com as considerações que apresenta acerca das relações entre física e metafísica. Aristóteles e a filosofia peripatética, embora tratassem destas relações somente no âmbito da astronomia – “o único ramo da física que estava desenvolvido naquela época” (DUHEM, 1989b, p. 51) – separavam o estudo dos fenômenos do das causas. Mas, de acordo com sua visão, a barreira entre os dois campos é esmaecida no fim do século XVI e início do século XVII, quando o estudo dos fenômenos físicos e de suas leis é misturado com o da procura pelas suas causas. Então, “veem-se as teorias físicas tomadas por explicações

metafísicas, os sistemas metafísicos procurando estabelecer, por via dedutiva, teorias físicas” (DUHEM, 1989b, p. 54). As relações entre física e metafísica teriam se obscurecido ainda mais nos séculos XVIII e XIX, segundo Duhem, ofuscando a definição do objetivo de uma teoria física.

No modelo de teoria física duhemiano, a metafísica perde a função de outrora, ou seja, de ser o fundamento da física, ao passo que adquire nova função: a de fazer frente e responder aos desafios impostos pelo ceticismo, a metafísica estaria encarregada de mostrar que os princípios que guiam a razão humana estão bem fundamentados, a fim de validar o progresso do conhecimento científico, como Duhem enfatiza no trecho a seguir:

A quartelada no seu forte, ela [a metafísica] teme apenas dois adversários: os físicos que a contestam, seja em nome da experiência, seja em nome de outras teorias físicas e os céticos que negam a evidência e a certeza de quaisquer noções e princípios nos quais assente logicamente a ciência experimental. Estes últimos, a física não está preparada para combatê-los, não está armada para isso. Cabe à metafísica mostrar que os fundamentos do método experimental são sólidos. O físico é obrigado a admitir essa verdade como evidente; sobre o terreno próprio de suas teorias, o físico pode somente aceitar e somente deve aceitar combater com o físico (DUHEM, 1989b, p. 49).

Diversamente de Descartes, Duhem discorre em sua pesquisa acerca dos diferentes modos de lidar com cada âmbito do conhecimento. Desse modo, a demarcação duhemiana surge como ferramenta que visa preservar nosso autor do estigma de ser um cético, o que seus contemporâneos deduziam de sua preocupação em evitar a confusão entre física e metafísica.

Além de apontar historicamente uma das principais razões que contribuiu para unir diferentes campos do conhecimento, Duhem tem que se justificar para seus críticos contemporâneos acerca da autonomia que sua proposta de teoria física tem em relação à metafísica. Sendo assim, Duhem acredita ser necessário explorar as definições divergentes que compõem a ideia de física e metafísica.

Na introdução da obra *Física e Metafísica*, Duhem considera importante, a fim de evitar confusão nos leitores habituados aos termos da filosofia escolástica, comparar a terminologia peripatética com a interpretação de seu tempo sobre tais termos a fim de tornar evidente a concepção de *física* a que ele se refere em seus estudos:

Chamamos de *física* ao estudo experimental das coisas inanimadas encarado em suas três fases: a constatação dos fatos, a descoberta das leis, a

construção das teorias. Vemos a pesquisa da essência das coisas materiais enquanto causas dos fenômenos físicos como uma subdivisão da *metafísica*, subdivisão que forma, com o estudo da matéria viva, a *cosmologia*. Esta divisão não corresponde exatamente à divisão peripatética: o estudo da essência das coisas constitui, na filosofia peripatética, a metafísica; o estudo do movimento das coisas materiais, isto é, das modificações que a essência dessas coisas sofreu por qualquer passagem da potência ao ato, é a física. A física e a metafísica peripatéticas são reunidas sob o nome de metafísica em nossa linguagem moderna; a física peripatética é nossa cosmologia. Quanto ao estudo experimental das leis físicas e sua reunião em teorias, a filosofia peripatética não dá à ciência um nome especial; um só ramo dessa ciência, a astronomia, tinha, na época de Aristóteles, um desenvolvimento capaz de chamar a atenção. Também aquilo que diremos em geral da física, entendida no sentido moderno, corresponde mais ou menos àquilo que os antigos diziam da astronomia (DUHEM, 1989b, p. 42).

O excerto acima nos apresenta de um lado a concepção de física adotada pelos peripatéticos e de outro a concepção dos modernos. Assim, o resultado da comparação entre as concepções criadas pelo estagirita e as contrapartidas observadas entre os modernos é o de que o único ramo que parece não sofrer alterações é o denominado de astronomia.

De acordo com as definições acima apresentadas, observa-se que a tese demarcatória entre a Física e a Metafísica, elaborada por Duhem, tem como finalidade distinguir categoricamente as duas áreas do conhecimento - Física e Metafísica. *Grosso modo* podemos apontar que a física tem como objeto de conhecimento os fenômenos, e a metafísica o conhecimento do ser. A distinção proposta por Duhem acerca dos diferentes campos de conhecimento, entre Física e Metafísica, é amparada por sua concepção de Duhem do alcance epistemológico dos indivíduos que investigam o mundo e as causas dos fenômenos percebidos, de modo que, se fosse da natureza humana conhecer para além das aparências sensíveis, poder-se-ia, somente nesse caso, julgar pertinente e adequado a perspectiva que concebe a física como procedente da metafísica.

Capítulo 3

A teoria física como classificação natural

3.1 A teoria física a partir do fenômeno

É possível extrair das ideias de Duhem sobre a demarcação entre física e metafísica, essas que viemos apresentando até aqui, importantes consequências para a discussão da tese do realismo científico.

Dessa forma, ao analisarmos a obra duhemiana, podemos afirmar que Duhem se opõe às escolas que pretendiam, apresentar uma explicação dos fenômenos, como considerado no capítulo I da presente dissertação. Dizer que seu método investiga determinados fenômenos, não significa abordar uma explicação daquilo que é percebido pelo físico. O que Duhem propõe em sua concepção de Teoria Física é, unicamente, obter uma física que se desenvolva a partir daquilo que é apresentado pelos sentidos, sem ter por finalidade a produção de uma explicação, ou de algum compromisso explícito com a apresentação na teoria física dos aspectos metafísicos que compõem o mundo.

Devido ao movimento crítico de Duhem em relação à explicação hipotética da realidade material, isto é, que a coloca em dependência da metafísica, ele estabelece sua concepção pela via experimental sem se comprometer com a realidade por trás do fenômeno.

3.2 Conhecimento da natureza baseado na representação da realidade

Em seus primeiros artigos, os de 1892 e 1893, Duhem desenvolve uma primeira abordagem de dois aspectos da teoria física, isto é, àqueles que dizem respeito a finalidade e à natureza da teoria física. Nas palavras de Duhem:

Procuramos delimitar exatamente a natureza e o fim da física teórica. Como dissemos, ela é um sistema, uma construção simbólica destinada a resumir o conjunto de leis experimentais em um pequeno número de definições e princípios. Eis o seu papel, útil, mas modesto. É muito fácil exagerá-lo (DUHEM, 1989a, p. 25).

Duhem, ao se distanciar dos modelos teóricos incumbidos de estabelecer um valor epistemológico explicativo e verdadeiro à teoria física, tem como caminho para a sua concepção torná-la independente da metafísica. Duhem desenvolve sua concepção de teoria física acentuando seu caráter simbólico, que tem em seu cerne o papel de classificar, coordenar e religar as teorias às leis experimentais. De acordo com Duhem, em *A Teoria Física: Seu objeto e sua estrutura*, a teoria física tem como base quatro etapas fundamentais, são elas: 1- A definição e a medida das grandezas físicas; 2- A escolhas das hipóteses; 3- O

desenvolvimento matemático da teoria e 4- A comparação da teoria com a experiência (DUHEM, 2014, p. 48).

A definição e a medida das grandezas, a primeira das operações que compõem a teoria física para Duhem, pode ser interpretada como a busca da definição dos conceitos físicos, a saber, a coordenação das noções do senso comum. Como exemplo, podemos mencionar o caso do calor, cujas grandezas podem ser medidas e manipuladas algebricamente, neste caso, mediante o uso do conceito de temperatura. Estabelece-se, dessa forma, o vocabulário que comporá a teoria. Em contato com as propriedades físicas que se pretende representar escolhe-se, segundo Duhem, aquelas que sejam mais simples. Ao utilizar uma metodologia apropriada, busca-se fazer correspondência com os símbolos matemáticos, números e grandezas. Como afirma Duhem (2014, p. 46), “Tais símbolos não têm nenhuma relação de natureza com as propriedades que representam, mas uma relação de signo e coisa significada”.

O segundo passo a ser realizado pelo físico, conforme Duhem, seria a escolha das hipóteses. Mas antes de abordarmos este tópico podemos nos perguntar sobre o que Duhem chama de hipótese. A ideia de hipótese aparece em sua obra como uma conexão entre diversos tipos de grandeza, tal ligação é justificada por um determinado número de proposições que atuarão como os princípios a partir dos quais são realizadas as deduções. Dessa forma, a hipótese, tal como apresentada, terá como objetivo oferecer o fundamento de toda teoria (cf. DUHEM, 2014, p. 46).

No caso em que a hipótese opera como princípio, cabe ao físico analisar logicamente e experimentalmente suas consequências. Dito isso, para Duhem

Se as consequências da teoria que a experiência confirma formam um conjunto extenso e variado, a teoria terá cumprido o fim que lhe estava designado. Ela permitirá aos físicos esquecer todas as leis experimentais que, por seu meio, lhes é permitido reencontrar, para guardar somente a lembrança de algumas definições e hipóteses; a teoria será boa (1989a, p. 17).

As hipóteses são estabelecidas entre as grandezas físicas e que conduzem às consequências que às vezes podem ser verificadas ou contraditas experimentalmente. A escolha das hipóteses ocorre, como afirma Duhem, de forma arbitrária. No entanto, a arbitrariedade no processo de escolha das hipóteses não é uma decisão acidental “existem métodos gerais segundo os quais são tomadas as hipóteses fundamentais da maior parte das teorias, e classificar esses métodos é ao mesmo tempo classificar as teorias” (DUHEM,

1989a, p. 17). Acerca do processo evolutivo de uma hipótese, consideremos que o método duhemiano em sua forma ideal e perfeita consiste, segundo suas palavras, em

[...] não tomar outras hipóteses, senão a tradução simbólica, em linguagem matemática, de algumas das leis experimentais cujo conjunto se quer representar. Nessas condições, o próprio desenvolvimento da teoria seria inteiramente a tradução simbólica, em linguagem matemática, de um raciocínio passível de ser formulado em linguagem usual. Esse raciocínio tomaria como princípio as leis experimentais que as hipóteses simbolizaram e teria por conclusões as leis experimentais que as conseqüências da teoria simbolizam. A análise matemática não teria outro papel senão aquele de abreviar, de amenizar a linguagem. Todas as conseqüências da teoria apresentariam o mesmo grau de certeza e exatidão que as leis experimentais tomadas como hipóteses. As leis experimentais, que se apresentariam como conseqüências da teoria, seriam verdadeiramente uma seqüência lógica das leis experimentais tomadas como hipóteses (1989a, p. 18).

No caso ideal, em que a teoria física tivesse como escopo de seu método a observação das regularidades da natureza, podemos ser levados a acreditar, em uma primeira leitura, que essa forma de desenvolver a teoria não apresenta um caráter hipotético. A metodologia da teoria física, nesse sentido, nos parece, ao menos de modo imediato, uma tradução simbólica das leis experimentais. Isto é, na medida em que se reconhecem as regularidades de determinado fenômeno, se atribui também o mesmo nível de certeza aos símbolos a elas aplicados.

No entanto, a condição supramencionada, na qual a hipótese apresenta o mesmo grau de certeza que as traduções simbólicas, não passa de uma situação hipotética. Duhem reconhece a impossibilidade de traduzir plenamente os fenômenos observados ao estruturar sua metodologia.

O desenvolvimento matemático é o terceiro passo da metodologia proposta por Duhem. Seu objetivo é conectar as observações, tanto no começo quanto no final, às teorias. A linguagem matemática, precisa e rigorosa, opera como uma tradução daquilo que é apreendido pela observação, mesmo que de forma aproximativa. Duhem é claro ao apontar que as grandezas nas quais os cálculos se atêm não pretendem, em absoluto, tratar de realidades físicas e, de forma alguma, que os princípios que ele revela em suas deduções estabeleçam relações verdadeiras entre essas realidades.

Por fim, a quarta e última parte que deve compor a teoria física nos moldes duhemianos segue-se da comparação da teoria com a experiência. Apesar de a teoria levar em consideração para sua construção um determinado grau de aproximação com as leis experimentais, é possível encontrar, de acordo com Duhem (1989a, p. 25), conseqüências dessas teorias que em comparação com as leis experimentais se mostram verificadas ou

contraditas. O primeiro caso, em que as consequências são verificadas, resulta de uma tradução simples das leis experimentais; o segundo caso, quando as consequências são diferentes do esperado, deve-se às hipóteses incorporadas na natureza mecânica da teoria. Ou seja, a tendência, de acordo com Duhem, é suprimir cada vez mais as imposições das teorias mecânicas a fim de conservar apenas as características próprias ao processo de tradução das leis experimentais.

As etapas, brevemente tratadas acima, compõem o modo como Duhem visa contrastar sua concepção de teoria física àquela de outrora, a qual considerava portadora de compromissos metafísicos. Diferentemente da busca pelo grau de perfeição que os modelos da física clássica buscavam em suas explicações, a estrutura da teoria física, conforme Duhem propõe, é desenvolvida a partir da distinção entre os campos de conhecimento que os investigadores têm acesso. Ou seja, a concepção epistemológica oferecida por Duhem implica na impossibilidade do indivíduo alcançar aquilo que há por trás dos fenômenos, dessa forma, uma ciência desenvolvida por esse sujeito não pode almejar a obtenção de um conhecimento científico que seja perfeito e imutável.

Podemos inferir, de acordo com o exposto, que a teoria física, tal como propõe Duhem, realiza seu progresso na medida em que consegue se amparar na matemática. Duhem é enfático ao reconhecer a contribuição da matemática para a produção do conhecimento em física:

Um dos títulos de glória dos gênios que ilustraram os séculos XVI e XVII foi reconhecer esta verdade: a Física não se tornará jamais uma ciência clara, precisa, livre das perpétuas e estéreis disputas da qual havia sido objeto até então, capaz de impor suas doutrinas ao consentimento universal dos espíritos, enquanto não falar a língua dos geômetras. Eles criaram a verdadeira *Física teórica*, ao compreenderem que ela deveria ser uma *Física matemática* (DUHEM, 2014, p. 142).

Assim, o papel dos símbolos matemáticos, tal como expressa a quarta etapa da metodologia proposta por Duhem, é estabelecer uma correspondência com as propriedades físicas sem, no entanto, revelar a natureza íntima das coisas.

Cabe observar que a proposta duhemiana aqui apresentada refere-se ao primeiro artigo do autor, de 1892. Algumas implicações foram levantadas a partir de sua primeira proposta. Duhem, ao estabelecer os limites entre as investigações físicas e as investigações metafísicas, trouxe para o seu modelo uma falibilidade que nos permite fazer a seguinte questão: Qual a utilidade de uma teoria desenvolvida a partir de uma observação que não nos ensina nada? Essa questão é colocada pelo próprio autor em *A Teoria Física: Seu objeto e sua*

estrutura, o contexto da indagação exige uma explicação de Duhem acerca do objetivo e do alcance da metodologia empregada.

3.3 O objetivo da teoria física –

Um dos pontos cruciais, senão o principal ponto da obra de Duhem, é a sua justificação metodológica, sem se ocupar na realização desta tarefa com discussão sobre o estatuto ontológico das entidades que compõem as teorias. Duhem ao desenvolver a sua teoria física está preocupado, sobretudo, com o princípio de autonomia da física.

De acordo com a perspectiva da tradição mecanicista, alvo das objeções de Duhem, o valor de uma teoria científica estava estreitamente atrelado ao sucesso explicativo daquela ciência. Dessa forma, Duhem, ao reconhecer que não poderíamos a partir da Física desenvolver uma ciência que trabalhasse com a realidade para além da matéria, propõe a separação entre os campos de conhecimento, buscando um método próprio para a física, como corrobora Oliveira:

De acordo com a tese duhemianiana, a física, enquanto primeiro degrau do conhecimento, possui um método próprio, independente de toda metafísica, que é o método experimental, no qual as noções (de fenómeno físico, de lei física, de corpo, movimento, etc.) e princípios (axiomas da geometria e da cinemática, por exemplo) empregados podem ser usados sem que se recorra à metafísica (OLIVEIRA, A.J., 2009, p. 25).

O modo como deve proceder a teoria física, baseado nas quatro etapas, exploradas na seção anterior, tem em seu limite a substituição das leis experimentais por um sistema de proposições matemáticas que as representam, mas qual a vantagem desse método? Em defesa da sua concepção de teoria física, Duhem argumenta que a substituição estabelecida teoricamente por um número reduzido de proposições, ou seja, as hipóteses fundamentais de determinados fenómenos, fornece um grande número de leis que em um primeiro momento poderiam ser tratadas como casos independentes.

Uma vez que as hipóteses sejam conhecidas, a dedução matemática permite recordar com máxima certeza todas as leis físicas, sem repetição ou omissão. Uma condensação assim, de uma multiplicidade de leis em um pequeno número de princípios é um imenso alívio para a mente humana, que, sem um artifício desse gênero, não poderia armazenar as novas riquezas que conquista a cada dia. A redução das leis físicas em teorias contribui, dessa forma, para aquela *economia intelectual* que Ernest Mach concebe como o objetivo e princípio da ciência (DUHEM, 2014, p. 48).

O que Duhem afirma como ponto importante de sua proposta é que o cientista, ao constatar diversos fatos concretos, elabora leis, que por sua vez já simbolizam uma economia

de pensamento. A teoria, composta por diversas leis físicas matematicamente traduzidas, tem como papel auxiliar a mente humana no processo de reconstituição dos fatos por meio dessa redução metodológica.

A abstração entrou em cena. Ela fez desaparecer tudo aquilo que havia de particular e de individual em cada um desses fatos e extraiu deles somente o que havia de geral, aquilo que era comum, e, no lugar daquele oneroso conjunto de fatos, erigiu uma proposição única que, além de exigir pouco da memória é facilmente transmitida por ensino. Ela formulou uma lei física (DUHEM, 2014, p. 49).

Uma lei física ao passar pelo critério de economia do pensamento, isto é, ao ser representada matematicamente, não adquire, de forma alguma seu caráter de conhecimento necessário, ao contrário, preserva sua contingência. Como vimos, as leis físicas são coordenadas a partir dos fatos concretos observados, de modo que podem sempre nos apresentar fórmulas novas e fatos que até então eram desconhecidos. Reconhecendo isso, Duhem (2014, p. 50) afirma que o desenvolvimento da física provoca uma luta contínua entre a “natureza que não se cansa de produzir” e a razão que “não se cansa de conceber”.

Para Duhem, dois são os momentos em que podemos constatar o papel desempenhado pela economia de pensamento na elaboração de uma teoria física. O primeiro se dá no momento da unificação da diversidade dos dados fenomênicos sob uma lei experimental, de modo que na medida em que o espírito humano concebe, diante da imensidão de fatos, os mais gerais e necessários, considera-se ter alcançado determinada lei experimental, e assim, conforme Duhem (2014, p. 49), o físico realiza sua primeira economia intelectual. O segundo momento se dá quando na condensação de tais leis experimentais sob a forma de uma teoria.

O auxílio da economia do pensamento é claro no processo de construção das teorias, no entanto, por mais que Duhem reconheça a importância da redução desses fatos oriundos da observação, cabe apontar alguns limites para essa forma de representar os dados empíricos. A teoria física não tem por fim uma simples representação econômica das leis experimentais, para além disso, afirma Duhem (2014, p. 50), a teoria física se ocupa da classificação dessas leis. Parece-nos que Duhem busca destacar, nessa etapa da teoria física, que, embora, a economia de pensamento possa contribuir para o processo de tradução dos dados físicos em teoria, ela não pode nos oferecer uma visão clara e precisa daqueles fenômenos estudados, seu valor epistemológico não tem um alcance capaz de oferecer afirmações necessárias.

O que é possível interpretar do que até aqui foi apurado acerca da metodologia traçada por Duhem é que, caso bastasse a simples tradução simbólica, por meio da representação

matemática, oriunda das leis experimentais, para a construção da teoria, estaríamos imersos num modelo considerado perfeito, capaz de representar o real.

A falibilidade da ciência que se desenvolve a partir do método experimental é apontada por Duhem ao reconhecer a frágil ligação entre alguns fenômenos que apresentam características semelhantes.

Como exemplo de uma interpretação de um conjunto de fenômenos com características similares, Duhem apresenta o caso da dispersão da luz, como abordado por Newton. O físico inglês, fixa na mesma categoria tanto a dispersão da luz que atravessa um prisma quanto as cores que ornamentam uma bolha de sabão. Ambos os fatos são tratados por Newton em uma mesma obra, como exemplifica Duhem (2014, p. 50), simplesmente por ambos os fenômenos apresentarem tal variedade de cores. Disso, conclui Duhem, que o modo em que o físico relaciona suas observações e, a partir delas, estabelece suas leis sujeita os valores da ciência a analogias acidentais e superficiais.

A teoria, como defende Duhem, não tem na experiência o princípio de união das suas leis. A proposta de Duhem (2014, p.50) se desenvolve a partir de ramificações do raciocínio dedutivo, que liga os princípios às leis experimentais e estabelece entre eles uma ordem e uma classificação. Em outras palavras, o teórico prossegue dedutivamente, permitindo-se ser instruído por princípios matemáticos. A observação nesse estágio de investigação não desempenha papel algum no processo de identificação, entre as divergências e convergências, que permite o agrupamento da tradução matemática de determinados fenômenos em uma mesma classe.

A teoria física se desenvolve para Duhem na medida em que ela consegue classificar os fenômenos observados, traduzidos em linguagem matemática, de modo que substitui ou salva os fenômenos observados através da reprodução e previsão de eventos (DUHEM, 1893, p. 59).

Duhem defende que a teoria, diferentemente do modo que as construções da física experimental operam, permite ao físico fazer suas investigações sem omitir nada de útil e sem empregar nada de supérfluo. Nesse sentido, Duhem atribui também à ordem da teoria física um caráter estético, como podemos conferir na seguinte passagem “Junto com a ordem reinante, vem também a beleza. Por conseguinte, a teoria não se torna somente um conjunto de leis físicas que ela apresenta de forma mais fácil para o manejo, mais cômoda e mais útil, mas ela se torna também mais bela” (DUHEM, 2014, p. 51).

A teoria física, assim como propõe Duhem em seus primeiros artigos, encontra na matemática o seu refúgio autônomo, sem se comprometer com questões estereis, como

considera o autor. A física matemática que apresenta, por meio da linguagem adequada e resumida de determinados fenômenos, as propriedades passíveis de serem averiguadas nos dados observacionais não tem como meta revelar a natureza dos fenômenos, sendo assim, apresenta para o autor “emoção estética” (2014, p. 51) devido à forma como possibilita o ordenamento das leis experimentais. Dessa maneira, conforme o exposto, a teoria física, realizada por meio do amparo da matemática, tem nos fenômenos um caráter referencial.

3.4 A teoria física a partir do indutivismo nos primeiros trabalhos de Duhem

Nos parágrafos acima consideramos, sobretudo, o primeiro tratamento dado por Duhem ao processo de elaboração da teoria física. Nessa que é considerada sua primeira fase é possível, em uma interpretação mais ligeira, identificar características que se comprometem com o indutivismo, ou seja, com o processo de obtenção de leis gerais a partir dos dados experimentais. Entretanto, essa interpretação pode ser revista se entendermos que o objetivo ideal da teoria física é ser uma representação simbólica da realidade. De modo que a finalidade do processo de construção da teoria física não é a obtenção de um conjunto de proposições no qual as leis sejam consequências exatas. Isto é, não se busca na teoria física a representação direta dos fatos, almeja-se simplesmente a obtenção uma estrutura econômica cujas consequências sejam meramente aproximadas.

Embora essa interpretação seja tomada por alguns como uma revisão realizada por Duhem, isto é, o abandono do indutivismo que, para Brenner essa perspectiva não é completamente satisfatória. A leitura que Brenner faz do pensamento duhemiano, apresentado nas seções anteriores é que Duhem ainda se vê envolto em uma perspectiva indutivista, mesmo em seu segundo momento. Para o comentador a distância entre a teoria e o experimento não basta para eximir Duhem de uma posição indutivista (cf. BRENNER, 1990a, p. 36).

A teoria física apresentada por Duhem em seu primeiro artigo de 1892 é, de acordo com Brenner (1990a, p. 31), uma concepção inicial de física teórica que será aprimorada pelo físico francês alguns anos mais tarde. Conforme Brenner, o primeiro momento da proposta de Duhem esbarra no limite experimental, ou seja, para uma teoria ser considerada boa ou não ela ainda depende do controle da experiência (DUHEM, 1989a, p. 33).

As virtudes da construção da teoria física em bases matemáticas, como apresentado anteriormente, é resumida por Duhem nos seguintes termos:

Ela adquire uma forma mais perfeita, melhor ordenada, mais simples e

consequentemente mais bela; no fundo, permanece a mesma - continua física, não se torna metafísica. *A teoria física, ao classificar um conjunto de leis experimentais, não nos ensina absolutamente nada sobre a razão de ser dessas leis e sobre a natureza dos fenômenos que elas regem* (DUHEM, 1989b, p. 47).

Dito de maneira mais direta, o objetivo da Teoria Física não é promover um discurso sobre os elementos constituintes da realidade, mas apenas fornecer um modo mais simples e adequado de abordar as relações entre os fenômenos. O que é possível inferir da primeira abordagem acerca da definição do objetivo de teoria física é que sua finalidade parece ser a de apresentar uma economia de pensamento ao “aliviar a memória e ajudá-la a reter mais facilmente o aglomerado das leis experimentais” (DUHEM, 1989a, p. 14).

Outra questão importante, como ressalta Brenner (1990a, p. 34), é que Duhem, em seu primeiro artigo acerca do objetivo da teoria física, não se atenta a qualquer dificuldade ligada ao controle experimental. Brenner sustenta essa análise a partir da seguinte afirmação de Duhem:

Mas, se no domínio ao qual a teoria pretende aplicar-se encontramos uma lei experimental que esteja em contradição com as consequências da teoria, esta deve ser rejeitada ou, pelo menos, deve-se restringir a extensão da classe de leis que ela pretendia abarcar (DUHEM, 1989a, p. 31).

O ponto para o qual Brenner chama a atenção diz respeito ao papel do experimento como regulador de uma boa teoria. Dessa forma, como destaca o comentador, para Duhem a origem experimental aparece como exercendo um papel mais importante que a teoria. Desse modo, seria possível interpretar, conforme propõe Brenner (1990a, p. 34), que a abordagem do objetivo da teoria física em seu primeiro artigo encontra nos dados empíricos seu começo e seu fim, ou seja, a teoria física não apresentaria diferenças em relação à ciência puramente experimental.

A interpretação de Brenner acerca da valoração da precedência do experimento e da teoria é um ponto corrigido por Duhem no artigo intitulado “Algumas reflexões acerca da física experimental”, de 1894. No referido texto, Duhem defende que

[...] as verificações experimentais não são a base da teoria, elas são seu coroamento. A física não progride como a geometria. Esta cresce pelo acréscimo contínuo de um novo teorema, demonstrado de uma vez por todas, que se acrescenta aos teoremas já demonstrados. A física é um quadro simbólico, ao qual contínuos retoques fornecem extensão e unidade sempre crescentes; quadro esse cujo conjunto forma uma imagem cada vez mais precisa do conjunto de fatos da experiência, ao passo que cada detalhe dessa imagem, cortada e isolada do todo, perde toda a significação e não representa mais nada (DUHEM, 1989d, p. 98).

A partir da publicação de *A Teoria Física: seu objeto e sua estrutura*, em 1906,

Duhem desenvolve um pouco mais a ideia que já havia sido mencionada alguns anos antes em *Algumas Reflexões acerca da Física Experimental*, de 1894, de que não se pode submeter uma hipótese isolada ao controle experimental, essa maneira de confirmação é aplicável apenas a análises da teoria como um todo.

Nesse sentido, Brenner, em sua análise do primeiro período dos artigos de Duhem, justifica a mudança de concepção quanto ao objetivo da teoria física, apontando a diferença nas definições apresentadas nos artigos de 1893 e 1894. Conforme visto, no artigo de 1894, Duhem afirma que as verificações experimentais não são cruciais no processo de validação de uma teoria física, ou seja, a teoria física cria uma imagem, uma teoria que tem em seu fim uma aproximação aos fenômenos observados e não uma tradução exata das leis experimentais. Em contrapartida, no artigo de 1893, *Física e Metafísica*, Duhem é claro ao apresentar a relação entre os dados observados e a teoria física, como segue a citação:

Entre um conjunto de leis experimentais tomadas tais como a experiência as fez descobrir e o mesmo conjunto de leis ligadas por uma teoria existe a mesma diferença que entre um punhado de documentos amontoados em desordem e os mesmos documentos cuidadosamente classificados em uma coleção metódica. São os mesmos documentos; eles dizem exatamente a mesma coisa e da mesma maneira; porém, no primeiro caso, sua desordem os torna inúteis, pois nunca se está seguro de encontrar o documento de que se tem necessidade no momento em que dele se precisa, enquanto que, no segundo caso, esses documentos se tornam fecundos através de um agrupamento metódico que coloca o documento desejado nas mãos do pesquisador de um modo seguro e sem trabalho. As leis físicas guardam exatamente o mesmo sentido quando uma teoria as conecta ou quando essas leis estão espalhadas e isoladas. Elas não nos ensinam nada a mais no primeiro caso do que no segundo, apenas no primeiro caso elas são mais fáceis de serem manipuladas, mais aptas a serem empregadas do que no segundo (DUHEM, 1989b, p. 47).

A teoria física não oferece nenhum aspecto que a torne mais importante que o fenômeno observado, o que a teoria apresenta não é nada mais que a organização dos dados que são representados matematicamente. A organização é, nesse sentido, uma das principais vantagens da perspectiva da teoria física que Duhem ressalta em seus primeiros artigos. No que diz respeito a esse movimento, na busca pela definição de teoria física Brenner afirma:

No espaço de um ano, Duhem muda de opinião: "de acordo com a adoção de uma teoria ou de outra, a lei [da física] muda de sentido, de modo que a lei pode ser aceita por um físico que admite tal teoria e rejeitada por outro físico que admite tal outra teoria". Nós vemos que a teoria física transforma o sentido das leis experimentais. Duhem corrige a expressão do artigo anterior: "as teorias físicas são nada mais que um meio de classificar e ligar as leis aproximadas às quais os experimentos estão sujeitos, as teorias não podem, portanto, modificar a natureza dessas leis experimentais, elas não podem conferir-lhes a verdade absoluta". Se as teorias não podem, portanto, mudar a natureza, isto é, o grau de certeza de uma lei experimental, então torna

definitiva uma lei aproximada, elas necessariamente mudam seu significado ao incorpora-los em um novo conjunto. Percebe-se melhor o papel que Duhem acabará conferindo à teoria (BRENNER, 1990a, p. 36).

No excerto acima Brenner retoma as principais definições que marcam a transição da concepção de teoria física de Duhem. O aspecto desenvolvido por Brenner tem como escopo as definições de teoria física, sendo que no primeiro momento, o que norteia a teoria é o experimento, e conforme a afirmação de Brenner, Duhem ao refinar a demarcação entre a física e a metafísica faz uma revisão do papel secundário de uma teoria na construção do conhecimento.

3.5 Objeção à indução como princípio e caminho para teoria

Ao considerarmos a experiência como referência para nossas teorias, teríamos que, primeiramente, nos assegurar que essa observação é comum a considerável parte da comunidade científica. Poderíamos, dessa forma, nos perguntar se as observações, das quais decorrem as leis experimentais, são simples observações. Qual o critério científico adotado por Duhem para acompanhar as regularidades da experiência em face da variedade potencial de constatações divergentes?

O indutivismo apontado por Brenner na primeira formulação da teoria física elaborada por Duhem tem como característica a generalização dos fatos oriundos da observação. Lembremos, contudo, que o objetivo de Duhem em sua missão filosófica é justamente delimitar os campos aos quais temos acesso a fim de evitar afirmações sobre a realidade de processos e entes que se encontram para além da nossa competência epistêmica.

Dessa forma, o que Brenner ressalta ao demarcar os dois possíveis momentos da teoria física em Duhem pode ser interpretado, além do mais, como uma incoerência de Duhem (1989a, p. 17-8) ao propor que em sua forma ideal a teoria física seria uma representação, por intermédio da linguagem matemática, das leis experimentais.

O artigo *Algumas reflexões acerca da física experimental* que, de acordo com Brenner, inaugura o segundo momento do pensamento de Duhem, se ocupa, sobretudo, em apresentar como se constituiria uma teoria física com as contribuições oriundas da física experimental.

No referido texto, Duhem elenca os aspectos que compõem a estrutura de uma ciência experimental. O artigo, escrito em 1894, teve grande repercussão entre seus contemporâneos, sendo retomado sempre que se tratasse de oferecer uma análise da experiência física

(sobretudo por G. Milhaud, É. Le Roy e É. Wilbois), no entanto, observa Duhem, em nota no seu livro de 1906 que “os autores mencionados tiram, por vezes, consequências que excedem os limites da física. Não os seguiremos até lá e nos manteremos constantemente nos limites da ciência física” (DUHEM, 2014, p. 183).

Nas palavras de Duhem, em primeiro lugar o que caracteriza “uma experiência da física não é simplesmente a observação de um fenômeno; é, além disso, a interpretação teórica desse fenômeno” (1989d, p. 87). A experiência não se limita a uma simples percepção. Não basta que o indivíduo tenha os sentidos atentos para observar a experiência, é necessário, além disso, a habilidade de realizar aquilo que Duhem concebia por *interpretação* dos fatos observados. Essa interpretação se baseia não só em ter os sentidos exercitados para observar os fenômenos, e tão pouco se resume em conhecer as teorias admitidas, é preciso, além disso, saber aplicar tais teorias.

Uma experiência da física é a observação precisa de um grupo de fenômenos, acompanhada da *interpretação* desses fenômenos. Essa interpretação substitui os dados concretos realmente recolhidos pela observação por representações abstratas e simbólicas que lhes correspondem em virtude das teorias físicas admitidas pelo observador (1989d, p. 89).

O que vale ressaltar da passagem acima é a concepção de experimento na física, ou seja, o experimento da física não se reduz à constatação de um dado fenômeno, trata-se, além da constatação, de uma interpretação teórica, de modo que o observador, provido de uma concepção teórica, se baseia nas teorias que podem ser adequadamente admitidas para tratar os fenômenos observados. O que podemos entender dessa tese é que simplesmente constatar os “acontecimentos” dos fenômenos não nos fornece nenhum grau suficiente para o conhecimento da física; observar que o mercúrio de um termômetro fixa em determinado nível do instrumento é apenas uma constatação, mas dizer que a temperatura atingiu determinado grau trata-se de uma interpretação; isto é, considera-se que a temperatura é o resultado de uma concepção teórica. O caráter teórico pode ser entendido como uma *impregnação teórica* na experiência, ou seja, os relatos estão impregnados, conectados, aos dados abstratos e simbólicos.

3.6 A impregnação teórica

No primeiro momento de Duhem, como estabelece Brenner, a teoria física tem como critério de validação de uma boa teoria a sua concordância com as leis experimentais.

Contudo, ao apresentar, em 1894, o papel do experimento em uma investigação da teoria física, Duhem apresenta a tese da impregnação teórica na observação. A teoria, nesse contexto, deixa de ter um aspecto secundário na construção do conhecimento, livrando-se assim do indutivismo.

A consideração sobre a impregnação teórica da observação surge no artigo de 1894. Nesse texto, Duhem, além de versar acerca da forma como concebe o método experimental, apresenta uma das características que divide sua obra, isto é, constatar um fato é mais que um exercício de observação, como visto na última citação da seção anterior.

Trata-se, assim, de uma observação que não se realiza a despeito do conhecimento teórico prévio, mas que tem nesse, as condições para a aquisição de seu significado. O fato observado é precisamente analisado, e exige do indivíduo no laboratório atenção a todos os detalhes do experimento, sendo necessário, em seu limite, algum conhecimento teórico prévio acerca da física para identificar ou traduzir simbolicamente certas características.

É possível identificar, conforme a exposição do autor, duas etapas no processo de observação dos fatos. No primeiro momento, o indivíduo necessita apenas de atenção para acompanhar o desenvolvimento do fenômeno em si. Observa-se aqui nada além das condições, dos materiais utilizados e dados colhidos, sem maiores interações com o fenômeno – uma fase estritamente operacional.

No segundo momento, não basta ter apenas os olhos exercitados para acompanhar as ocorrências percebidas, o sujeito precisa conhecer as teorias obtidas, pois, será necessário aplicar os dados colhidos a fim de confrontá-los com as previsões esperadas. Nesse caso, afirma Duhem, é preciso ser um físico.

A exemplo dos diferentes momentos e modos de constatar um fenômeno, Duhem ilustra sua concepção a partir do experimento de Regnault, acerca da compressibilidade dos gases. Nesse experimento, o gás é encerrado

[...] num tubo de vidro; mantendo a temperatura constante, mede a pressão que o gás suporta e o volume que ele ocupa. Dir-se-á que temos aí a observação minuciosa e precisa de certos fenômenos, de certos fatos. Seguramente, diante de Regnault, nas suas mãos, nas mãos de seus auxiliares, os fatos se produzem. É o relato desses fatos que Regnault consignou para contribuir com o avanço da física? Não. Num visor, Regnault vê a imagem de uma certa superfície de mercúrio chegar até uma certa marca. [...] ele conclui que o gás ocupa um volume com um certo valor. [...] é preciso aferir o tubo, isto é, fazer apelo não somente às noções abstratas da geometria e aritmética, aos princípios abstratos sobre os quais repousam estas ciências, mas, ainda, à noção abstrata de massa, às hipóteses da mecânica geral e da mecânica celeste que justificam o emprego da balança na comparação das massas (DUHEM, 1989d, p. 88).

A proposta do trecho acima é esclarecer a diferença entre os parâmetros pelos quais se representa determinados fenômenos, ou seja, se por um lado, Regnault não poderia dispensar a observação dos experimentos utilizados em seu laboratório para chegar ao resultado da pesquisa, por outro o fato do físico mensurar os dados obtidos em concordância com as teorias admitidas é, também, essencial. De forma geral, o físico experimental ao descrever o fenômeno investigado utiliza um determinado vocabulário para representar abstrata e simbolicamente os dados coletados. Duhem conclui, acerca do método experimental que a interpretação do físico exerce um papel inerente no processo de investigação de dado fenômeno. Em outras palavras, Duhem afirma que é impossível uma experiência em física ser isenta de uma bagagem teórica, a julgar pelo processo de execução de um experimento.

3.7 Objeção à inseparabilidade entre teoria e experiência

A tradição da ciência puramente experimental tem alguns representantes que objetariam a proposta da inseparabilidade entre teoria e experimento. Duhem menciona em seu artigo de 1894 os nomes de Francis Bacon e Claude Bernard – do *Novum Organum*, 1620 à *Introduction à la Médecine Expérimentale* (1865) - nos quais afirmam que a teoria deve permanecer à porta do laboratório enquanto durar a experiência, somente após o experimento, depois que o experimentador trabalhou face a face com os fatos, poderá, então, a teoria se apoderar deles (os fatos) para generalizá-los e coordená-los. No momento em que o pesquisador executa a experiência, segundo as indicações daqueles que se colocam como críticos da impregnação teórica, não se deve nem ao menos suspeitar de quais sejam suas preferências e comprometimentos teóricos.

A ideia de estabelecer um distanciamento (separação) entre as consequências das deduções teóricas na realização de algum experimento e os resultados de suas experiências é uma medida que salvaguarda o cientista, de acordo com a tradição experimental, de não estar cometendo má fé científica. Os exemplos nos quais o filósofo francês se detém são a fisiologia e alguns ramos da química. Ciências em que, segundo o autor, o experimentador observa diretamente os fatos e raciocina imediatamente sobre eles. Casos em que o suporte teórico se aproxima das descrições comuns, linguagem pouco técnica, próxima dos discursos observacionais. Duhem acredita que esses preceitos de separação são bons e que é possível aplicá-los, no entanto, eles não englobariam todos tipos de experiência.

Ele (o método da separabilidade) não é aplicável às ciências mais avançadas,

à física, por exemplo, às ciências que chegaram ao estágio de desenvolvimento, em que o instrumento matemático representa um papel essencial, a essa fase que os teóricos do começo do século caracterizaram, muito impropriamente, aliás, pelos epítetos de *analítica* ou *racional* (DUHEM, 1989d, p. 90).

Caso o espírito humano não tivesse encontrado um suporte para física que fosse de linguagem clara – por meio da classificação e tradução dos fenômenos físicos, ou seja, da teoria física- nos encontraríamos em “um inextrincável caos”, em virtude da multiplicidade de leis que a compõem. Acrescenta Duhem, traçar uma separação de um fenômeno físico com a teoria na intenção de elaborar uma *física puramente experimental* “é uma tentativa puramente ilusória, como o seria a tentativa de enunciar uma ideia sem empregar nenhum sinal falado ou escrito” (1989d, p. 91).

Duhem vai além, pois considera que o químico ou o fisiologista quando se encontram no laboratório, dispondo de instrumentos como termômetro, manômetro, calorímetro, galvanômetro, admitem, mesmo que implicitamente, a exatidão das teorias que justificam o uso desses aparelhos. O emprego desses instrumentos traz consigo as teorias que por sua vez consideram as noções abstratas de pressão, temperatura, quantidade de calor, intensidade de corrente, de modo que visam substituir as indicações concretas desses instrumentos. Portanto, esse aspecto implícito da aceitação de algumas teorias acarreta o que Duhem vai chamar de fé na exatidão de todo um conjunto de teorias.

Do ponto de vista lógico, a diferença (em quem indica ou não a teoria) é de pouca importância. Para o fisiologista, para o químico, assim como para o físico, o enunciado do resultado de uma experiência implica, em geral, um ato de fé na exatidão de todo um conjunto de teorias (DUHEM, 1989d, p. 91).

O uso dos instrumentos é um exemplo adotado pelo autor para marcar a necessidade de traduzir teoricamente os fenômenos, e tornar explícito que a tese da impregnação teórica procede mesmo que algumas vertentes divergentes busquem negá-la.

Assim como um vocabulário, as teorias físicas têm por finalidade a substituição das propriedades que compõem os fenômenos físicos e das leis constatadas por uma outra linguagem, trata-se de oferecer uma representação simbólica assegurada por elementos da álgebra e da geometria. Nas palavras de Duhem “*As teorias físicas são o vocabulário que faz corresponder a cada propriedade física uma grandeza, a cada lei física, uma equação*” (1989d, p. 90).

3.8 A tese holista

No artigo *Algumas Reflexões acerca da Física Experimental*, Duhem tem como meta além de apontar a característica da impregnação teórica, evidenciar como esta deve ser considerada na composição do método experimental. Esclarecer o papel do experimento em uma investigação da física faz parte da investigação filosófica de Duhem que visa em seu limite tratar da tese holista, como é interpretada por seus comentadores. Entendamos em que consiste essa interpretação.

O termo “holista” é geralmente empregado em um sentido segundo o qual a parte precisa do todo para ser entendida. De acordo com Japiassú e Marcondes (1996, p. 130), o termo *holos*, oriundo do grego, se refere ao todo, inteiro ou conjunto.

Em Duhem o termo holista surge tanto com o objetivo de conectar a teoria ao experimento como também tem a intenção de rever a forma de avaliar suas construções teóricas. Em seus primeiros artigos, Duhem expõe como forma de análise de suas construções teóricas e previsões um método que tem nas verificações experimentais o elemento de validação da teoria, ou seja, o critério para classificar uma teoria como boa ou não é sua correspondência aos fenômenos. No caso em que determinada teoria não apresenta o nível de exatidão desejado nem de aproximação tolerado, se considera que ao menos uma de suas hipóteses apresenta falha e deve ser modificada. O limite desse modelo de teoria física é melhor ilustrado no seguinte trecho:

Um físico propõe-se a demonstrar a inexatidão de uma proposição. Para deduzir dessa proposição a previsão de um fenômeno, para estabelecer a experiência que deve mostrar se esse fenômeno ocorreu ou não, para interpretar os resultados dessa experiência e constatar que o fenômeno esperado não aconteceu, ele não se limita a utilizar a proposição em discussão. Ele usa ainda todo um conjunto de teorias, admitidas por ele sem dúvida. A previsão do fenômeno do qual a não-produção deve resolver o problema não decorre da proposição controversa tomada isoladamente, mas da proposição contestada somada a esse conjunto de teorias. Se a previsão não ocorre, não é a proposição em litígio apenas que é posta em questão, mas todo um arcabouço teórico de que o físico fez uso. A única coisa que aprendemos com a experiência é que, entre todas as propostas utilizadas para prever o fenômeno e constatar que ele aconteceu, há pelo menos um erro. Mas ela não nos diz onde esse erro reside. O físico diz que esse erro está contido precisamente na proposição que ele queria refutar e não em outro lugar? É que ele admite implicitamente a precisão de todas as outras proposições das quais fez uso. Esta confiança vale tanto quanto sua conclusão (DUHEM, 1989d, p. 93).

Um exemplo clássico em Duhem, no que diz respeito ao papel do experimento como ferramenta de prova de uma teoria, é a experiência de Foucault em que se investiga, de modo

geral, a velocidade da luz no ar e a velocidade da luz na água. A análise da velocidade da luz nos diferentes meios surge com a intenção de verificar a teoria da emissão desenvolvida por Newton – que supõe que a luz seja formada por projéteis excessivamente tênues, lançados com grande velocidade pelo sol e outras fontes de luz; esses projéteis penetram todos os corpos transparentes das várias partes dos meios em que se movem e sofrem ações atrativas ou repulsivas, como ilustra Duhem (2014, p. 227-8).

Duhem nos explica que essas reações - atrativas e repulsivas – são muito evidentes conforme a distância das partículas. No caso em que a distância que separa as partículas agentes é muito pequena, as reações são potentes e notórias, de outro modo, quando as massas entre as quais elas se exercem estão sensivelmente afastadas, essas ações desaparecem. Depreende-se, assim, que a teoria da emissão elaborada por Newton permite interpretarmos que “a luz viaja mais rápido na água do que no ar” (DUHEM, 2014, p. 228).

A partir da consequência deduzida da teoria de Newton, surgem controvérsias dentro da comunidade científica acerca de sua teoria. O físico François Arago, endossando a discussão acerca da ótica, a partir da dicotomia onda partícula, realiza o experimento sugerido a fim de contrariar as pretensões pressupostas pela teoria de Newton.

[...]Arago indicou um processo específico comparando a velocidade da luz no ar à velocidade da luz na água. O processo, é verdade, é inaplicável, mas Foucault mudou a experiência de tal maneira que ela pudesse ser executada, e executou-a. Ele descobriu que a luz se propagava com menos velocidade na água do que no ar. Disso se pode concluir que o sistema de emissão é incompatível com os fatos (DUHEM, 2014, p.228).

É possível, desse modo, identificarmos, de acordo com o trecho, que o experimento realizado por Foucault chegou a resultados diferentes daqueles esperados pela teoria de Newton, na qual se aponta a existência de um erro. Onde se encontra esse erro? A partir do experimento realizado por Foucault, consagrou-se que o sistema de emissão proposto pelo físico inglês apresentava uma consequência distinta da esperada. As proposições ajustadas por esses cientistas decorreram do processo experimental no qual se desenvolveu uma forma de averiguar a velocidade comparada da luz nos diferentes meios (água e ar). A condenação geral do experimento da emissão, devido à contradição com o fato, não nos aponta em qual hipótese do sistema se encontra o erro, dessa forma a condenação opera negando em bloco todo o sistema.

É a teoria toda inteira da qual se deduz a relação entre o índice de refração e a velocidade da luz em diversos meios. Mas, ao condenar em bloco esse sistema, dizendo que está imerso no erro, a experiência não nos diz onde se encontra esse erro. Está ele no pressuposto fundamental de que a luz consiste

de projéteis de luz lançados com elevada velocidade pelos corpos luminosos? Está em alguma outra suposição a respeito das ações que corpúsculos luminosos sofrem da parte dos meios em que se movem? Não sabemos (DUHEM, 2014, p. 228).

Nesse sentido, Duhem argumenta que qualquer que seja o pressuposto desenvolvido pela física, este não deve ser considerado de forma isolada. Sendo um dos principais objetivos de Duhem em seu texto de 1894, o autor defende que o método experimental lida com a teoria de forma unitária, isto é, em caso de divergência com a previsão, sabe-se apenas que alguma parte daquela teoria apresenta falha, a experiência não possibilita a identificação de qual fragmento deve ser modificado.

Duhem ao propor o esclarecimento do papel do experimento na formulação da teoria física, evidencia também a necessidade de uma revisão daquilo que em um primeiro momento atribuía à teoria uma função secundária, suavizando, também, o caráter indutivo apontado em seus primeiros artigos. Como é precisamente resumido nas palavras de Maiocchi

[...] o uso de qualquer instrumento implica uma referência explícita ou implícita às teorias que regulam seu funcionamento, de modo que a afirmação do resultado de uma experiência geralmente implica um ato de fé na exatidão de todo um conjunto de teorias; uma experiência nunca pode condenar uma hipótese isolada; o *experimentum crucis* não é possível na física; o resultado de uma experiência é um julgamento abstrato e simbólico; toda experiência física é sempre aproximada e a correção de erros é feita usando uma teoria; as leis são relações simbólicas, não meras abstrações indutivas; uma lei não é verdadeira nem falsa, é apenas aproximada [...] Duhem formula a acusação mais lúcida, impiedosa e eficaz contra qualquer empirismo dogmático, contra qualquer pretensão de apoiar as teorias científicas sobre uma base não-teórica, em algum terreno virgem de preconceitos teóricos, que se pode ler em um texto do final do século. Era o ataque ao coração do positivismo, o ápice daquele elogio das teorias [...] isso tornava ainda mais radical a diferença entre a posição de Duhem e aquela de toda a corrente de crítica ao mecanismo inspirada no fenomenismo. O que para essa corrente era o juiz das teorias, a experiência factual, torna-se em Duhem o réu que somente graças ao juízo teórico torna-se digno de tomar parte do discurso científico. A teoria é certamente destinada a "salvar fenômenos", mas os fenômenos, por sua vez, assumem um significado apenas graças a uma teoria (MAIOCCHI, 1985, p. 128).

Na primeira parte da presente dissertação abordamos alguns modelos da concepção da física que antecederam a proposta de Duhem, como por exemplo o mecanicismo. Ao propor a sua tese holista Duhem tem como objetivo construir um modelo teórico que rompa com os preceitos que a tradição mecânica havia inserido na comunidade científica, isto é, para Duhem a concepção do mecanicismo se apresentava de forma a reduzir os fenômenos de acordo com os preceitos indicados na teoria mecânica. Na contramão dessa tradição, de acordo com Brenner, a tese duhemiana se estrutura a partir do desenvolvimento de alguns pontos:

Uma análise da elaboração do holismo e seu impacto no pensamento de Duhem produzem alguns resultados notáveis. Primeiro, uma evolução notável é trazida à luz. Duhem chega a rejeitar o indutivismo; essa mudança ocorre depois que ele começou a filosofar. Em segundo lugar, o holismo duhemiano não se reduz a uma tese estreitamente interpretada: generalizando a tese, o filósofo francês procura formular uma metodologia holística. Em terceiro lugar, um novo significado é dado a algumas observações indutivistas (BRENNER, 1990b, p. 325).

A diferença estabelecida entre a forma holista construída por Duhem e a forma em que a teoria mecânica concebe a teoria física é estabelecida por um critério de simplicidade. Nas palavras de Duhem:

Não ocorre o mesmo com as explicações mecânicas criadas pelos gênios britânicos. Sua poderosa faculdade imaginativa representa sem esforço os mecanismos mais complicados; tampouco temem atribuir à matéria uma estrutura muito complexa. W.Thomson, para explicar a dispersão das cores, considera as moléculas materiais como verdadeiros edifícios, onde intervêm elementos rígidos e elementos elásticos; seu éter girostático não é nem um pouco simples e, entretanto, ultrapassa muito em simplicidade o éter que constroem Maxwell e Oliver Lodge, com o objetivo de dar conta dos fenômenos eletromagnéticos. [...] jamais se coloca questões filosóficas tais como as seguintes: um dos elementos últimos da matéria pode ou não ocupar um volume variável? É essencialmente incompressível, ou pode ser comprimido? Ainda menos se pergunta o que se deve entender pelo volume ocupado por um átomo. [...] os mecanismos que servem para compor não são destinados a serem apreendidos pela razão, eles são destinados a serem vistos pela imaginação (DUHEM, 1989c, p. 68-9).

Enquanto a mecânica é apontada por Duhem como um esquema que tende a reduzir os fenômenos, a tese holista visa, em contrapartida, identificar diferentes aspectos que constituem o fenômeno percebido por meio da forma matemática, isto é, reconhece-se desde uma visão geométrica mecânica, até a quantidade e a qualidade. O diferencial da proposta holista é caracterizado tanto por se reconhecer a concepção mecânica do fenômeno – no âmbito daquilo que podemos chamar de grandezas extensas -, como também os aspectos, térmicos, magnéticos, elétricos e químicos, propondo uma interpretação e uma extensão conceitual das categorias da mecânica, consideradas por ele como fundamentos para uma imagem do mundo físico mais geral.

3.9 A teoria física como classificação natural

Um dos principais objetivos de Duhem ao desenvolver suas ideias filosóficas é resolver o problema da autonomia da ciência em relação metafísica. A ideia de autonomia pressupõe que os estudos desenvolvidos no campo da física, por exemplo, não atinjam a

explicação, objetivo bem lembrado na seguinte passagem “Explicar, *explicare*, é despir a realidade das aparências que a envolvem como véus, a fim de ver essa realidade nua e face a face” (DUHEM, 2014, p. 31).

Ao defender a ideia de que a observação dos fenômenos não nos põe em contato com a realidade que está além das aparências, Duhem, foi interpretado por alguns críticos como próximo tanto dos céticos quanto dos positivistas. A perspectiva positiva, na qual Duhem é enquadrado por seus críticos, defende um modelo de ciência no qual a física se estrutura e alcança apenas um caráter descritivo e aproximado de como ocorrem os fenômenos, não desvenda a natureza dos fenômenos e tão pouco permite acesso à verdade. O presente contexto nos permite questionar se o positivismo representa o ideal de ciência autônoma que Duhem pretende desenvolver.

A análise aqui empreendida acerca do pensamento duhemiano considerou, assim como também reconhece Brenner, a possibilidade de interpretar, a partir dos primeiros artigos do físico francês, um elemento indutivista na constituição da teoria física. O grande empecilho de tomar o indutivismo como referência da teoria física conforme constatamos é que a teoria física teria em seu limite uma estrutura que não seria muito diferente das leis experimentais, isto é, além de apresentar consequências dependentes do controle dos fatos, esse modelo preservaria o caráter acumulativo da experiência, aplicando, portanto, à teoria um papel apenas descritivo.

As contraposições de Duhem, movidas pela pretensão de propor uma teoria física autônoma, distintas tanto dos modelos que têm fundamento metafísico, quanto dos que afirmam ser o indutivismo a forma ideal de se propor a teoria física, são recebidas por grupo de leitores críticos que acreditam que sua proposta transita ora por uma perspectiva cética, ora sua filosofia reproduz as aplicações da física positiva. Duhem relembra em seu artigo de 1893, *Física e Metafísica* as palavras de seu ávido crítico, que dizia:

Não é verdade que a ciência positiva, ao construir suas teorias, tenha simplesmente por objeto classificar as leis experimentais. Seu legítimo objeto é a procura das causas: negá-lo é sustentar uma doutrina suspeita de positivismo e capaz de conduzir ao ceticismo. Esta doutrina, condenada por toda a tradição dos grandes físicos, é perigosa, pois ela mata a atividade científica (VICAIRE, 1893, apud DUHEM, 1989b, p. 41).

A resposta de Duhem ao lidar com a tensão entre sua concepção e a tradição científica, representada acima pelas palavras de Vicaire, consiste na defesa de que a metafísica é, de fato, a verdadeira forma de conhecimento, mais proeminente do que a física. Duhem insiste em defender a autonomia, argumentando que a física e a metafísica diferem porque elas têm

diferentes métodos e assuntos.

Há, portanto, entre a metafísica e a física, uma diferença de natureza. Todavia, convém não se enganar sobre a origem desta distinção: ela não decorre da natureza das coisas estudadas, mas apenas da natureza de nossa inteligência. Uma inteligência que tivesse a visão direta, intuitiva, da essência das coisas - tal inteligência, segundo o ensinamento dos teólogos, seria angélica não faria distinção entre a física e a metafísica; essa inteligência não conheceria sucessivamente os fenômenos e a substância, causa desses fenômenos; ela conheceria simultaneamente a substância e suas modificações. Aconteceria o mesmo com uma inteligência que tivesse da essência das coisas não uma intuição direta, mas uma visão adequada, se bem que indireta, pela visão beatífica do pensamento divino (DUHEM, 1989b, p. 43).

Se por um lado a teoria física não é nem explicação, como apontamos no capítulo II da presente dissertação, e por outro, não tem na experiência seu ponto de partida e seu ponto de chegada, então como Duhem concebe a teoria física?

A fim de esclarecer como se estrutura a teoria física duhemiana sob o princípio da autonomia, evidenciamos o conceito de classificação apresentado pelo autor em *A teoria física: seu objeto e sua estrutura*. A teoria física apresentada até o momento é composta pelo processo de matematização dos fenômenos observados e conseqüentemente por sua representação econômica (processo de sintetização do múltiplo – que se encaixa melhor ao modo humano de pensar). No entanto, a teoria física não se reduz a tais pontos, Duhem inclui, desse modo, o processo de *Classificação* das leis experimentais.

Duhem afirma, na segunda parte da sua obra de 1906, que a teoria física “não é somente uma representação econômica das leis experimentais” (1989a, p. 30), mas, ainda, uma classificação natural.

Para explicar como opera uma classificação, Duhem utiliza o exemplo do naturalista ao investigar a classificação dos vertebrados, nas palavras de Duhem:

A classificação que ele imaginou é um conjunto de operações intelectuais. Ela se refere não a indivíduos concretos, mas a abstrações, às espécies. Ela [a classificação] organiza essas espécies em grupos dos quais os mais particulares se subordinam aos mais gerais. Para formar esses grupos o naturalista considera diversos órgãos, coluna vertebral, crânio, coração, tubo digestivo, pulmão e bexiga natatória não sob a forma particular e concreta que eles tomam em cada indivíduo, mas sob a forma geral, abstrata e esquemática que convém a todas as espécies de um mesmo grupo. Entre esses órgãos assim transfigurados pela abstração, ele estabelece comparações, nota analogias e diferenças (...) a classificação não é senão um quadro sinótico que resume todas essas aproximações (DUHEM, 2014, p. 52).

Duhem ao esboçar como se configura a classificação esclarece que por meio dessa

analogia o zoólogo encontra racionalmente conexões entre o que é abstrato e o que é real, em seu limite tais características são correspondentes. O zoólogo sustenta sua classificação apontando que as semelhanças identificadas, ou minimamente evidentes, apresentam de alguma forma um grau de parentesco entre as espécies. O processo de classificação natural das leis experimentais acontece de forma parecida, isto é, o físico ao identificar conexões entre os fenômenos classifica suas leis experimentais representando-as por meio da matemática, dessa forma, as similaridades encontradas entre suas descrições e o fenômeno garantem ao físico uma imagem que representa a ordem desses fenômenos, ordem que não é acessível ao físico por meio da observação.

A facilidade com que cada lei experimental encontra seu lugar na classificação criada pelo físico e a clareza cristalina que se espalha sobre esse conjunto tão bem ordenado persuadem-nos de maneira invencível que tal classificação não é puramente artificial, que tal ordem não resulta de um agrupamento puramente abstrato imposto às leis por um organizador engenhoso. Incapazes de explicar a nossa convicção, mas sem também podermos dela nos afastar, vemos na exata ordenação desse sistema a marca pela qual se reconhece uma *classificação natural* (DUHEM, 2014, p. 53).

O fato de Duhem sustentar a conexão entre os fenômenos e sua construção abstrata por meio da “convicção”, como apontado no excerto anterior, é suficiente para sustentar essa forma de compor a teoria física com sendo uma classificação natural?

Como já mencionado, a teoria física não se ocupa em explicar os fenômenos, o papel atribuído por Duhem à teoria física se aproxima mais de uma ideia de representação das leis experimentais. De modo que conforme tais leis são aperfeiçoadas

mais pressentimos que a ordem lógica na qual ela arranja as leis experimentais é um reflexo de uma ordem ontológica; mais suspeitamos que as ligações que ela estabelece entre os dados da observação correspondam às ligações entre coisas e mais nos convencemos de que ela tende a ser uma classificação natural (DUHEM, 2014, p. 54).

Para Duhem, a teoria física é estruturada por leis físicas de acordo com o parentesco deduzido pelos físicos. Duhem (2014, p. 53) afirma que essa ordem e harmonia encontradas nas teorias não têm uma função gratuita. A teoria, não representa apenas o conjunto de leis físicas de modo a facilitar sua manipulação, de torná-lo mais conveniente, torná-lo mais útil; mas também de apresentá-lo de maneira mais bela e harmoniosa.

Defender que um critério harmonioso seja o suficiente para que um físico sustente sua classificação não parece muito seguro. Um físico não dispõe de métodos compatíveis que provem que a ordem estabelecida entre as leis experimentais seja o reflexo de uma ordem que transcenda a experiência. No entanto, o físico também não dispõe de método para recusar as

correspondências entre o fenômeno e a teoria, como afirma Duhem “Embora o físico seja impotente para fornecer uma justificativa para essa convicção, é também impotente para afastá-la de sua mente” (2014, p. 54).

Nesse sentido, o papel do físico, como afirma Duhem (2014, p. 54), ao compor sua teoria física não tem o objetivo de desvendar a realidade, ou seja, a utilidade de sua elaboração teórica se restringe unicamente a fornecer para as leis experimentais uma representação resumida e classificadora.

O fenômeno que à primeira vista poderia ser identificado de forma variada, sem qualquer conexão com algum outro grupo, seria, por meio da finalidade da teoria física duhemiana, organizado e classificado conforme leis experimentais com características similares. O alcance vislumbrado pela teoria física duhemiana, na qual a classificação natural conecta dedutivamente as leis experimentais de uma mesma família, é reforçado por Duhem quando este relembra as palavras de Pascal “Nós temos uma impotência para a prova que não pode ser vencida por nenhum dogmatismo. Temos uma ideia de verdade que não se rende a nenhum pirronismo” (DUHEM, 2014, p. 54).

Ao retomar as palavras de Pascal a fim de sustentar a conexão entre teoria e experiência, podemos inferir também que Duhem pretende responder à acusação recebida de Vicaire. Lucas Roumengous, comenta acerca desse ponto que:

[...] há graus para a classificação natural, uma teoria será mais ou menos uma imagem fiel da realidade. Sem abandonar seu fenomenalismo, Duhem parece incorporar uma forma de realismo inspirada por Eugene Vicaire. Ele até ecoa a objeção do último, que consistia na previsão de teorias - e que é a marca de sua fecundidade - que ele usa para defender a convicção de uma classificação natural (ROUMENGOUS, 2016, p. 22-3).

Em outras palavras, o que se afirma é que Duhem resgata em seu modelo um aspecto que antes havia sido criticado por Vicaire, ou seja, está presente, ao menos de maneira mais explícita, na obra duhemiana a presença da fé, isto é, da crença em um modelo científico que é incapaz de apresentar uma autojustificativa.

Outra característica que preserva a ideia de “classificação natural” da teoria física duhemiana é sua capacidade de anunciar resultados antes que tal experiência tenha sido realizada. O caráter de predição de uma teoria física é, segundo Duhem, a forma na qual uma concepção teórica demonstra a sua fecundidade. Como explica Duhem:

Um conjunto considerável de leis experimentais havia sido estabelecido pelos observadores. O teórico se propôs a condensá-las em um número bem reduzido de hipóteses e obteve sucesso em fazê-lo. Cada uma das leis experimentais está corretamente representada por uma consequência de suas hipóteses [...] as consequências que podem ser derivadas dessas hipóteses

são numericamente ilimitadas. É possível deduzir que não correspondem a nenhuma das leis experimentais conhecidas previamente e que representam simplesmente leis experimentais possíveis. Entre as consequências, há aquelas que se referem a circunstâncias realizáveis praticamente [...] pois poderão ser submetidas ao controle dos fatos (DUHEM, 2014, p. 55).

Uma vez passível de ser submetida à experiência, determinada predição teórica poderá ter seu valor científico aumentado. Diferentemente, se as consequências oriundas das predições teóricas não condisserem com os fatos, em algum grau, no mínimo, será necessário modificá-las, ou em casos de divergência total com os fatos, as teorias podem até ser dispensadas por completo.

Duhem ao olhar para a história consegue encontrar alguns casos que corroboram a possibilidade de uma teoria física operar como predição, como por exemplo no caso em que

A Academia das Ciências havia proposto o exame geral dos fenômenos da difração da luz como tema para o prêmio de Física que seria outorgado durante a sua reunião pública de março de 1819. Dos dois trabalhos apresentados, aquele que foi vencedor ao final tinha Fresnel por autor. Poisson deduziu, por uma elegante análise a partir dos princípios postulados por Fresnel, essa estranha consequência: se uma pequena tela opaca e circular intercepta os raios emitidos por um ponto luminoso, existem atrás dessa tela, sobre o seu eixo, pontos que não são somente iluminados, mas que brilham exatamente como se a tela não fosse interposta entre eles e a fonte de luz (DUHEM, 2014, p. 56-7).

Assim como apresenta Duhem, logo em seguida, uma consequência como a apontada por Fresnel, se apresentada antes da experiência, não seria recomendada como uma predição aceitável, não pareceria uma consequência óbvia a ser deduzida. No entanto, Arago submete a teste e comprova por acreditar no caráter natural dessa predição.

Desse modo, é possível identificar que a classificação natural da teoria física apresenta mais ou menos uma imagem da realidade, ou seja, o controle dos fatos permite que se aperfeiçoe a teoria a fim de aproximá-la, conforme for necessário, da realidade fenomênica. Como corrobora Duhem ao afirmar que “a ordem na qual dispõe os símbolos matemáticos para constituir a teoria física é um reflexo, cada vez mais nítido, de uma ordem ontológica segundo a qual se classificam as coisas inanimadas” (1989e, p. 144).

Em conformidade com o objetivo da presente dissertação dedicamo-nos a uma análise das primeiras obras de Duhem a fim de identificar como o autor concebe e desenvolve a teoria física. Nesse sentido, de maneira geral, podemos identificar que a finalidade da teoria física se resume em alcançar a classificação natural:

O físico é, pois, conduzido a exceder os poderes que lhe confere a análise lógica da ciência experimental e a justificar a tendência da teoria à unidade lógica através desta afirmação metafísica: a forma ideal da teoria física é

uma classificação natural das leis experimentais (DUHEM, 1989e, p. 143).

Em suma, podemos entender que a teoria física duhemiana apresenta de forma econômica as leis experimentais, configurando, assim, em seu limite, processo denominado de classificação natural. A classificação natural, por sua vez, é capaz de realizar previsões e descobertas de leis experimentais que são anteriores e antecipadoras da experiência – sendo esse o aspecto mais fecundo da teoria física.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscou-se apresentar e investigar, nesta dissertação, como Pierre Duhem, principalmente a partir de seus primeiros artigos, elabora sua concepção de teoria física e qual o papel da metafísica em sua constituição. O interesse em resgatar nos primeiros textos duhemianianos a construção da teoria física está alicerçado em uma leitura que encontra nesses textos [os primeiros] rico material para a reflexão filosófica sobre as características do empreendimento científico. Primeiramente, ressaltamos o cenário marcadamente positivista que envolvia a ciência da época – tendo o autor analisado criticamente as implicações desse modelo e seus reflexos [nocivos] para o progresso da ciência. Em acréscimo, nota-se que Duhem se utiliza da história da filosofia da natureza para propor uma compreensão dos pilares de sustentação da ciência de seu tempo. Como reação, uma das principais propostas do físico francês é desenvolver um modelo de física teórica que garanta sua autonomia em relação à metafísica, contudo, sem se comprometer com a limitação identificada na física puramente experimental de seu tempo.

A teoria física que reflete a proposta duhemiana, conforme os textos aqui analisados, tem na classificação natural sua finalidade. Um ponto importante de sua finalidade consiste na justificativa apresentada pelo físico francês com base em critérios que transcendem uma física puramente experimental, Duhem afirma, portanto que

[...] o físico é forçado a reconhecer que não seria razoável trabalhar para o progresso da teoria física, se essa teoria não fosse o reflexo, cada vez mais nítido e mais preciso, de uma metafísica. A crença numa ordem transcendente à física é a única razão de ser da teoria física. (DUHEM, 1989f, p. 176).

Conforme os primeiros artigos de Duhem, a teoria física que se apresenta como capaz de *explicar* os fenômenos não pode garantir legitimidade aos seus resultados. Para Duhem, o indivíduo não dispõe de ferramentas epistêmicas capazes de desvelar a realidade dos fenômenos. Assim como Duhem apresenta a etimologia do termo “Explicar, *explicare*, é despir a realidade das aparências que a envolvem como véus, a fim de ver essa realidade nua e face a face” (DUHEM, 2014, p.31).

Nesse sentido, buscamos investigar a maneira como Duhem aborda a ideia de metafísica na constituição da teoria física, verificando, se é possível considerar a introdução do conceito de a classificação natural como a reintrodução de questões que pertencem ao âmbito propriamente metafísico.

A compreensão do modelo teórico desenvolvido pelo autor foi buscada por meio do percurso percorrido pela teoria física explicativa que havia sido adotado pela tradição,

principalmente, daqueles oriundos das escolas cosmológicas.

Dedicamo-nos, assim, no capítulo I, a uma exposição, das ideias desenvolvida por Duhem na primeira parte de *L'Évolution de la Mécanique*, de 1905. No referido, texto o físico francês apresenta, de forma geral, como se estruturam as escolas mecânicas, isto é, as escolas que têm por finalidade explicar mecanicamente os fenômenos físicos. Duhem classifica as escolas mecânicas em quatro tipos, são elas: a peripatética, a cartesiana, a atomista e a newtoniana.

O grande equívoco das escolas mecânicas para Duhem é que elas ambicionam tanto fornecer uma explicação acerca dos movimentos quanto revelar a essência da matéria, ou seja, atuam em conformidade com a definição de teoria física explicativista. Tais escolas apresentam compromissos metafísicos em seus fundamentos. De acordo com o apresentado na seção 1.3, as escolas abordadas têm para o físico francês um “falso ideal” que não condiz com nossas condições epistêmicas.

Na proposta duhemianiana, de desenvolver uma teoria física autônoma, assunto discutido no capítulo II, reforçou-se a ideia de que a física e a metafísica são campos distintos, e à física cabe, apenas, investigar os fenômenos conforme os percebemos. Diferentemente, das propostas explicativistas, o físico tem acesso aos fenômenos aparentes e não à realidade íntima que os constitui. Duhem almeja que sua nova concepção de teoria física não busque explicar a natureza dos fenômenos, mas representar de forma sistemática o conjunto de leis experimentais.

No capítulo III, apresentou-se o modo como Duhem concebe a teoria física. Além de desviar sua proposta teórica da explicação dos fenômenos, o físico francês defende uma estrutura que possibilite uma representação matemática dos fenômenos.

Realizamos no último capítulo uma análise do objetivo da teoria física para Duhem apoiados nas considerações de Brenner. A divisão sustentada pelo estudioso da obra duhemianiana, e que nós assumimos também em nossa pesquisa, identifica duas fases na produção de Duhem: na primeira fase são identificadas características indutivistas – principalmente no artigo de 1892 – tratado na seção 3.4; na segunda fase, a partir do artigo de 1894, entende-se que Duhem defende a tese da impregnação teórica da observação, o que de garantiria um distanciamento do indutivismo, assuntos abordados nas seções 3.5 e 3.6.

No entanto, ao adotar a concepção de teoria física como representação (vide seção 2.3 do capítulo II), Duhem é acusado por seus críticos, entre eles o engenheiro Vicaire, de aderir a um modelo positivista que pode comprometer a viabilidade da atividade científica. Ou seja, um modelo que se ampara na representação matemática dos fenômenos representa

para os críticos uma atividade positivista e que, por sua vez, pode conduzir a um ceticismo.

A forma como Duhem é interpretado em seus primeiros textos exige que nosso autor reavalie sua concepção de física teórica. Dessa forma, Duhem apresenta, a partir do artigo de 1894, a ideia de impregnação teórica (item 3.6 do capítulo III). Por meio da ideia de impregnação teórica Duhem esclarece alguns aspectos, enfatizados por seus críticos, em particular, aqueles que diziam respeito a uma interpretação indutivista e positivista supostamente presente em seus primeiros artigos.

Procuramos sustentar a perspectiva segundo a qual Duhem não concebe a observação de um evento fenomênico como isento de interpretação teórica, ou seja, para o físico teórico francês a percepção dos fenômenos exige mais do que uma observação simples de sua ocorrência - o físico necessita de suas crenças em teorias prévias para descrever os fenômenos. Na seção 3.9 do capítulo anterior, retomamos, a questão que move nossa pesquisa, isto é, com o que se ocupa a teoria física duhemiana?

Para aprofundar a reflexão sobre a questão acima, partimos da consideração da crítica que Vicaire endereça a Duhem. Devemos interpretar a finalidade da teoria física duhemiana, em busca de se desenvolver de forma autônoma, como idêntica à da física positivista e assumir os riscos de um ceticismo?

Duhem preserva, em sua resposta a Vicaire, a necessidade de demarcação entre os campos da metafísica e da física, isso, contudo, não confere ao tipo de teoria física duhemiana o caráter de positivista. Duhem afirma que a metafísica contempla a verdadeira forma de conhecimento, no entanto, essa não é uma ferramenta do físico (DUHEM, 1989c, p. 50). A teoria física, conforme propõe Duhem, tem em sua finalidade a classificação natural das leis experimentais. Em outras palavras, a teoria física deve se desenvolver de modo que as leis experimentais possam ser unificadas em princípios mais gerais por meio de uma operação intelectual – a exemplo de como ocorrem as classificações realizadas pelos zoólogos.

Para Duhem, a classificação natural encontra sua maior justificativa, quando possibilita a previsão de fenômenos. Os dados fenomênicos oriundos da observação e matematicamente traduzidos, isentos metodologicamente, nesse primeiro momento, de princípios metafísicos podem conduzir à produção de previsões fenomênicas.

Desse modo, nos deparamos com duas possibilidades interpretativas, isto é, o progresso identificado na adesão a uma teoria física que caminha gradualmente e que visa em seu limite uma classificação natural, sugere-nos dois caminhos: ou se trata de uma constatação a favor do realismo científico, ou pode ser compreendido como uma construção argumentativa que implica posicionamento contrário ao realismo, na medida em que busca o

distanciamento da explicação.²³

Ao realizarmos a análise dos primeiros textos duhemianos acerca de sua concepção de teoria física, acreditamos ser possível constatar a presença de características compatíveis com uma concepção favorável ao realismo científico e que nos sugere, desse modo, a possibilidade de pensar certos compromissos metafísicos na perspectiva de Duhem. Nesse sentido, concordamos com a interpretação de Abrantes (1989, p. 37) que afirma que “Duhem mostra ser “irresistível” a adesão a uma metafísica quando se faz ciência”. Ou seja, na medida em que o desenvolvimento gradual da teoria física se encaminha para uma classificação natural, por meio de seus sucessivos aperfeiçoamentos, a teoria física tende, então, a considerar que as leis experimentais que resistem ao aperfeiçoamento são, cada vez mais análogas à própria ordem que compõe a realidade e desta forma adequadamente denominada de classificação natural das leis.

A passagem em que mais explicitamente o compromisso metafísico pode ser destacado é aquela em que Duhem afirma que a relação com a classificação natural faz referência, ao fortalecimento de uma impressão, de um estado psicológico, no qual o pesquisador ou o cientista adquire, em função do sucesso preditivo de suas teorias, a crença de que a sua ciência é um reflexo da ontologia.

²³ Para uma análise mais desenvolvida acerca das considerações duhemianas sobre o realismo sugere-se a leitura de Darling, 2003.

BIBLIOGRAFIA

- ABRANTES, P. *La réception en France dès théories de Maxwell concernant l'électricité et le magnétisme*. Tese Doutorado – Paris, 1985.
- ABRANTES, P. *A Metodologia de J. C. Maxwell e o Desenvolvimento da Teoria Eletromagnética*. Cad. Cat. Ens. Fís., Florianópolis, 5 (Número Especial): 58-75, jun, 1988.
- ABRANTES, P. *Ciência, Epistemologia e História em Pierre Duhem*. Leopoldianum – Vol. XVI, Nº46 – p. 33-46. Agosto, 1989.
- AMARO, A. J. G. *Dissertação: A Crítica de Pierre Duhem ao Experimento Crucial*. Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, 2009.
- ARIEW, R. e BARKER, P. in: *Duhem on Maxwell: A Case-Study in the Interrelations of History of Science and Philosophy of Science*. Virginia Polytechnic Institute and State University, p. 145-156, 1986.
- ATKINS, P. *Galileo's Finger*. New York: Oxford University Press, 2003.
- BEZERRA, V. A. *Maxwell, a teoria do campo e a desmecanização da física*. *Scientiae Studia*, 4, 2, p. 177-220, 2006.
- BOYER, A. *Physique de Croyant? Duhem et l'autonomie de la science*. *Revue Internationale de philosophie*. Nº182 - pp. 311 – 322 – 3, 1992.
- BRENNER, A. *Duhem, Science, Réalité et Apparence. La relation entre philosophie et histoire dans l'oeuvre de Pierre Duhem*. Paris: Vrin –, 1990a.
- BRENNER, A: *Holism A Century Ago: The Elaboration of Duhem's Thesis*, In: *Synthese* 83, p. 325-335 -, 1990b.
- CHIAPPIN, J. R. N., e LARANJEIRAS, C. C. *Duhem's Critical Analysis of Mechanicism and his Defense of a Formal Conception of Theoretical Physics; Transversal: International Journal for the Historiography of Science*, p. 32-53, 2017.
- DARLING, K. M. *Motivacional Realism: The Natural Classification for Pierre Duhem*. *Philosophy of Science*, 70, p. 1125-1136. 2003.
- DUHEM, P. *A teoria física: seu objeto e sua estrutura*. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2014.
- DUHEM, P. *L'Évolution de la Mécanique*. Paris: Librairie scietifique A. Hermann 6, rue de

la Sorbonne, 1905.

DUHEM, P. Algumas reflexões sobre as teorias físicas. *Ciência e Filosofia*, 4, 13-37. São Paulo: FFLCH-USP. Traduzido do original em francês por Marta da Rocha e Silva & Mônica Fuchs, 1989a.

DUHEM, P. Física e metafísica. *Ciência e Filosofia*, 4, 41-59. São Paulo: FFLCH-USP. Traduzido do original em francês por Antônio M. de A. Levy, 1989b.

DUHEM, P. A escola inglesa e as teorias físicas. *Ciência e Filosofia*, 4, 63-84. São Paulo: FFLCH-USP. Traduzido do original em francês por Pablo R. Mariconda, 1989c.

DUHEM, P. Algumas reflexões acerca da física experimental. *Ciência e Filosofia*, 4, 87-118. São Paulo: FFLCH-USP. Traduzido do original em francês por Nivaldo de Carvalho, 1989d.

DUHEM, P. Física do crente. *Ciência e Filosofia*, 4, 121-154. São Paulo: FFLCH-USP. Traduzido do original em francês por José Luiz Fourniol Rebllo, 1989e.

DUHEM, P. O valor da teoria física. *Ciência e Filosofia*, 4, 157-176. São Paulo: FFLCH-USP. Traduzido do original em francês por Edécio Plenas Gomes, 1989f.

DUHEM, P. *Les théories électriques de J. Clerk Maxwell: Étude historique et critique*. Paris: Hermann. Previously published as Duhem (1900-01).

HICKEY, T. J. *Rudolf Carnap on semantical systems and W.V.O. Quine's pragmatist critique*, 2016.

JAPIASSU, H.; MARCONDES, D.. Dicionário Básico de Filosofia. 3. ed. rev. e amp. Rio de Janeiro: Zahar, 1996.

LEITE, F. R., Um estudo sobre a filosofia da história e sobre a historiografia da ciência de Pierre Duhem – Tese de doutorado, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo, 2012.

LEITE, F. R., Sobre as relações históricas entre a física e a metafísica na obra de Pierre Duhem. *Scientiae Studia*, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 305-31, 2013.

MAIOCCHI, R. Duhem et l'atomisme. *Revue Internationale de Philosophie* Vol. 46, N°. 182 (3), PIERRE DUHEM, p. 376-389, 1992.

MAIOCCHI, R. De l'importance du phénoménalisme de Pierre Duhem. A propos d'un livre récent de Jean-François Stoffel. In: *Revue Philosophique de Louvain. Quatrième série, tome*

102, n°3, p. 505-512, 2004.

OLIVEIRA, A. J. Classificação natural: a meta da teoria física para Pierre Duhem. *Cadernos UFS – filosofia*, n°. 6, p. 23-34, 2009.

ROUMENGOUS, L. L'articulation entre physique et métaphysique chez Pierre Duhem. [https://www.academia.edu/27104125/LArticulation entre Physique et M%C3%A9taphysique chez Pierre Duhem](https://www.academia.edu/27104125/LArticulation_entre_Physique_et_M%C3%A9taphysique_chez_Pierre_Duhem), 2016.

ROUX, S. Les explications de la philosophie mécanique. *La lettre de la Maison française d'Oxford*, p.125-136, 1996.

SMITH, M. Knowing Things Inside Out: The Scientific Revolution from a Medieval Perspective. *The American Historical Review* Vol. 95, N°. 3 p. 726-744. Jun, 1990.

SOUZA FILHO, O. Energética ou termodinâmica geral, um projeto de unificação da física teórica segundo Pierre Duhem. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, 8 (1), 79-140. Campinas: CLE/Unicamp, 1998.

STOFFEL. J. L'histoire des théories physiques dans l'oeuvre de Pierre Duhem Université de Nantes, séminaire d'histoire des sciences, 1990.

STOFFEL. J. Le phénoménalisme problematique de Pierre Duhem. Préface de Jean LADRIERE. Bruxelles: Académie royale de Belgique, 2002.

VIDEIRA, A. A. P. Metafísica, Físicos, Valores: Um ensaio sobre a crise dos fundamentos das ciências naturais na passagem do século XIX para o século XX. *Ensaio Filosóficos*, Volume IV – outubro, 2011.