



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
FACULDADE DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FILOSOFIA**

JULIANA BARBOSA BRITO

HOLISMO EPISTEMOLÓGICO EM PIERRE DUHEM

Salvador
2016

JULIANA BARBOSA BRITO

HOLISMO EPISTEMOLÓGICO EM PIERRE DUHEM

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Filosofia da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de mestre.

Área de Concentração: Epistemologia

Orientador: Prof. Dr. Olival Freire Jr.

Salvador
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Sistema Universitário de Bibliotecas (SIBI)
Biblioteca Universitária Isaias Alves (BUIA/FFCH)

Brito, Juliana Barbosa
B862 Holismo epistemológico em Pierre Duhem / Juliana Barbosa Brito, 2016.
87 f.

Orientador: Prof. Dr. Olival Freire Júnior
Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Filosofia. Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Salvador, 2016.

1. Teoria (Filosofia). 2. Física (Filosofia). 3. Experiência. 4. Método de estudo.
5. Holismo. 6. Duhem, Pierre Maurice Marie, 1861-1916. I. Freire Júnior, Olival.
II. Universidade Federal da Bahia. Faculdade de Filosofia e Ciências humanas. III. Título.

CDD: 101

Responsável técnica: Hozana Maria Oliveira Campos de Azevedo - CRB/5-1213

JULIANA BARBOSA BRITO

HOLISMO EPISTEMOLÓGICO EM PIERRE DUHEM

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Filosofia da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de mestre.

Área de Concentração: Epistemologia

Orientador: Prof. Dr. Olival Freire Jr.

Salvador, Maio de 2016.

BANCA EXAMINADORA

Olival Freire Jr. (Orientador)

Júlio Vasconcelos (UEFS)

Marco Aurélio Oliveira da Silva (UFBA)

Dedico este trabalho a Nelson, vovô querido.

AGRADECIMENTOS

Expressar a minha sincera gratidão é o mínimo que posso fazer diante do imenso apoio que tive nesses dois anos do mestrado.

Primeiramente agradeço ao amor maior da minha vida, minha mãe, minha guerreira, pelo apoio e amor incondicionais. O seu amor por mim é a razão do meu existir!

Agradeço também à vovó Celma pelos braços abertos de sempre, pelo colo e todos os mimos da melhor vó do mundo. Ao meu pai Francisco Carlos e ao meu irmão Nelson, agradeço por todo cuidado e carinho.

Às minhas grandes irmãs de alma, Mille, Poli e Ró, agradeço pelos abraços e pelas mãos dadas em todos os momentos. Sem o suporte emocional de vocês eu não seria capaz de nada disso.

Aos outros grandes amigos - Jéssica, Helder, Gracy, Maiane, Luis, Cris - agradeço por estarem sempre por perto.

No plano institucional, agradeço à UFBA, ao programa de pós-graduação em filosofia e a CAPES, que financiou esta pesquisa. Não posso deixar de agradecer ao querido Fábio, secretário do programa, pela boa vontade em sempre me ajudar nas questões burocráticas em cada semestre.

Agradeço ao meu orientador, Olival Freire Jr., pelo apoio, confiança e ensinamentos. Obrigada por ser luz nos momentos difíceis e confusos, Olival. Obrigada por toda paciência, generosidade e seriedade. Aprendi muito com você!

Agradeço aos professores Marco Aurélio Oliveira da Silva e Júlio Vasconcelos pelas sugestões significativas feitas por ocasião do exame de qualificação. A eles agradeço também a boa vontade em acompanhar este trabalho, aceitando participar da banca de defesa dessa dissertação.

Agradeço aos professores da UESC, Marcelo Moschetti e Paulo Terra, por terem plantado em mim a sementinha do apreço pela filosofia da ciência e me incentivado a seguir em frente com os estudos acadêmicos.

Por fim, um agradecimento especial a Matthieu, pelo estímulo diário e por construir comigo um relacionamento lindo a cada dia.

BRITO, Juliana Barbosa. Holismo epistemológico em Pierre Duhem. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.

RESUMO

Como físico, historiador e filósofo da ciência, o francês Pierre Duhem foi uma das figuras da virada do século XIX para o XX que se engajaram em mostrar qual é a relação da teoria com a evidência na verdadeira prática da experimentação, baseado no exame cuidadoso de como os físicos realmente trabalham. Para ele, uma teoria da física é um conjunto de pressupostos, no qual envolvem hipóteses fundamentais e auxiliares que, quando testado, sofre o controle experimental de forma global. Essa visão holista da ciência implica no estudo de teses fundamentais para a compreensão do projeto científico e filosófico duhemiano e que estão presentes nas discussões epistemológicas contemporânea, a saber, as teses da subdeterminação da teoria pela evidência e da impregnação teórica da observação. Portanto, neste trabalho buscamos mostrar o holismo no interior da epistemologia duhemiana, através da análise do método, objetivo e limites da ciência segundo o filósofo francês.

Palavras-chave: Teoria física. Experiência. Método. Holismo.

BRITO, Juliana Barbosa. Holisme épistémologique chez Pierre Duhem. Thèse (Master) - Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.

RÉSUMÉ

En tant que physicien, historien et philosophe de la science, le français Pierre Duhem a été l'une des personnalités de la fin du XIXe siècle et du début du XXe siècle, qui s'engagea à montrer la relation entre la théorie et la évidence dans la vraie pratique de l'expérimentation, basée sur examen soigneux de la façon dont les physiciens vraiment travaillent. Pour lui, une théorie physique est un ensemble d'hypothèses parmi lesquelles certaines sont d'ordre fondamental et d'autres sont auxiliaires. Une fois testée, la théorie subit l'épreuve souffre d'un contrôle expérimental au niveau global. Cette conception holistique de la science implique l'étude des thèses fondamentaux pour la compréhension du projet scientifique et philosophique duhémien et qui sont présents dans les débats épistémologiques contemporains, à savoir, les thèses de la sous-détermination des théories par la évidence et l'imprégnation théorique de l'observation. Ainsi, ce travail tend à montrer l'holisme au sein de l'épistémologie de Duhem via l'analyse de la méthode, du but et des limites de la science selon le philosophe français.

Mots-Clés: Théorie physique. Expérience. Méthode. Holisme.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	08
PARTE I	
A EPISTEMOLOGIA DUHEMIANA E A NOÇÃO DE TEORIA FÍSICA.....	17
1.1 O papel da teoria física e a explicação metafísica	18
1.2 A teoria física e o princípio de classificação natural	26
1.3 O papel da matemática na construção da teoria física	33
1.4 A experiência em física: sobre a relação entre teoria e experiência.....	37
1.5 Apresentação da tese holista: o caráter global do controle experimental	46
PARTE II	
O HOLISMO DUHEMIANO	53
2.1 A elaboração da tese holista de Duhem	54
2.2 Sobre a impossibilidade do experimento crucial	56
2.3 Crítica duhemiana ao método indutivo	59
2.4 Algumas considerações sobre a tese Duhem-Quine	62
2.5 A tese holista em <i>Dois Dogmas do Empirismo</i> , de Quine	69
3.3 A tese holista em <i>A Teoria Física</i> , de Duhem	74
CONCLUSÃO	80
REFERÊNCIAS	83

INTRODUÇÃO

Entre os séculos XIX e XX surgiram na Europa muitos “cientistas filósofos”: cientistas interessados em refletir sobre os fundamentos filosóficos do seu próprio trabalho. Indiscutivelmente, esse foi um período marcado por ricas descobertas e questionamentos frutos do crescente desenvolvimento científico e, conseqüentemente, por importantes rupturas com o passado da ciência, que sofreu – ou promoveu – transformações conceituais que abalaram a forma como vemos o mundo. Essas novidades acarretaram problemas fundamentalmente teóricos, afetando a concepção de teoria científica e todas as noções relacionadas a ela, como método, verdade, justificação, experimento e observação. Assim, foram esses os objetos de investigação desses filósofos da virada do século que levaram a uma nova interpretação da ciência, de modo a colocar em questão visões científicas clássicas na época, tal como o mecanicismo e o indutivismo. Entre esses “cientistas-filósofos” encontra-se Pierre Duhem (1861-1916), certamente um grande crítico da imagem de ciência de sua época.

O físico, filósofo e historiador da ciência francês Pierre Duhem foi uma das grandes figuras da virada do século XIX, que pretendiam substituir a visão mecanicista de mundo pela visão energetista¹. Apesar das razões científicas e ideológicas, o confronto entre os mecanicistas e os energetistas naquela altura, parecia estar fundamentado, sobretudo, em questões de natureza epistemológica. A divergência estava, em primeiro lugar, no papel que cada escola atribuía à teoria física. Enquanto as teorias mecanicistas almejavam ser uma *explicação* do real, as teorias energéticas não eram mais que *descrições* econômicas dos fenômenos observados².

É nesse contexto que encontramos a gênese das reflexões sobre o estatuto epistêmico das teorias científicas, bem como o estudo do seu alcance e valor, configurada como uma

¹ No final do século XIX, a ciência se encontrava numa controvérsia entre duas escolas que dividiram opiniões entre os físicos e químicos da época. De uma lado o mecanicismo e do outro o energetismo, ambos pretendiam se tornar a "teoria fundamental da ciência". Apesar de a visão mecanicista de mundo ter alcançado sua supremacia por um determinado período, no século XIX alguns cientistas viram em seus fundamentos certos problemas. Os mecanicistas defendiam que todos os fenômenos poderiam ser explicados em termos de matéria e movimento, se referindo ao movimento dos átomos. Os energetistas, por sua vez, defendiam que os fenômenos poderiam ser explicados por trocas de energia. Estes rejeitaram com veemência a teoria atomista e, apesar da recusa do atomismo ter acontecido por motivações diversas, o principal argumento é que o átomo era uma entidade inobservável e, portanto, impossível de sofrer controle experimental. Entre eles destacavam-se o químico alemão Wilhelm Ostwald, o físico austríaco Ernst Mach e Pierre Duhem. (Cf. BEN-DOV, 1996; KRAGH, 2012)

² KRAGH, 2012, p. 5.

antecipação de boa parte da epistemologia do nosso tempo. Essas eram algumas das maiores questões do projeto epistemológico duhemiano no final do século XIX e que, entretanto, se mostram ainda temas atuais.

Pierre Duhem destaca-se não apenas pela fecunda produção bibliográfica, mas, sobretudo, pela maestria, talvez incomum, com que unificou os conhecimentos genuínos da pesquisa científica (nomeadamente a física), historiografia da ciência e reflexão filosófica. Autor de uma importante bibliografia sobre história da ciência³, ele foi um dos grandes responsáveis por mostrar que a Idade Média foi palco de uma relevante produção científica que culminaria na ciência moderna, e contribuiu para destruir a obscura imagem da ‘Idade das trevas’ que muitos historiadores associavam ao atraso no que diz respeito ao desenvolvimento do conhecimento científico e cultural. Dessa forma, Duhem sustenta a *tese continuísta* da história da ciência e podemos dizer que ele foi o *descobridor heroico* da história da ciência medieval, um termo dado por Alfredo Marcos⁴.

Enquanto físico, ele foi especialista em Termodinâmica; Duhem propôs a aplicação da noção de potencial termodinâmico na Química, Estática e Dinâmica, contribuindo, assim, junto com alguns de seus contemporâneos, para a criação da físico-química⁵. O projeto científico duhemiano objetivava a unificação da física teórica, e a Energética - ou Termodinâmica Geral - era a maior expressão desse projeto. Para Souza Filho, a grande obra filosófica de Duhem, *La théorie physique*, é uma justificação da construção do seu projeto científico (a termodinâmica⁶). Embora o energetismo tenha fracassado (não para o mecanicismo, mas para as teorias da física moderna), Duhem nos deixou significativas contribuições no campo da epistemologia.

As pesquisas científicas de Duhem estavam intimamente relacionadas às suas concepções filosóficas sobre a ciência. Como Paulo Abrantes⁷ destaca, Duhem é um caso exemplar de cientista que se envolveu com o trabalho filosófico de explicitar e sistematizar as imagens tácitas de ciência de uma comunidade científica – no caso, a francesa – num período

³ DUHEM, P. *Le système du monde. Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*. Hermann, Paris, 1913-1959. (Um grande legado com dez volumes sobre a história da ciência. Nela Duhem defende a ideia continuísta da ciência moderna em relação à ciência medieval, e afirma a importância desta para o desenvolvimento da primeira).

⁴ MARCOS, A. *Pierre Duhem y el positivismo*. In Foro de estudiantes sobre positivismo y ciencias sociales. Universidad Externado de Colombia, pp. 65-84. Bogotá, 2005.

⁵ PATY, M. *Pierre Duhem*. Encyclopaedia Universalis: Dictionnaire des Philosophes. Albin Michel, p. 479-84, 1998.

⁶ SOUZA FILHO, 1998, p. 10.

⁷ ABRANTES, 1998, p. 221.

particular. O pensamento de Duhem está situado na transição da física clássica para a física moderna, mas ele não presenciou os grandes desdobramentos dessa última. E se, por um lado, teve importante influência no interior da epistemologia contemporânea, por outro lado, no entanto, e do ponto de vista da física, é necessário destacar que as contribuições duhemianas ficaram restritas apenas à sua época, de modo que não podemos afirmar que, enquanto representante da comunidade científica francesa do século XIX, ele tenha contribuído para a física atual. As revoluções da Mecânica Quântica e da Relatividade na virada do século, por exemplo, não tiveram vestígios do projeto científico duhemiano⁸.

A grande obra filosófica de Duhem publicada em 1906, *La théorie physique: son Objet et sa Structure*, é a compilação dos primeiros ensaios filosóficos publicados anteriormente em revistas francesas e reorganizados de tal forma que existe pouca variação de ideias entre a obra e os ensaios, apesar da diferença do nível de profundidade com que certas questões foram tratadas. Assim, os temas centrais da epistemologia duhemiana já estavam expostos e já eram motivos de debates nos círculos franceses sobre a atividade científica desde 1892, na ocasião da publicação de seu primeiro ensaio filosófico, *Algumas reflexões sobre as teorias físicas*⁹.

Injustamente, *La théorie physique* não era amplamente conhecida no mundo filosófico de língua portuguesa até os anos de 1980, exceto nos círculos mais restritos de pesquisadores especialistas em filosofia da ciência. Nos últimos vinte anos tiveram as primeiras traduções de alguns dos seus ensaios filosóficos para o português, e apenas no ano de 2014 tivemos a primeira tradução integral da obra¹⁰.

Por outro lado, a obra teve importante impacto nas ideias de notáveis filósofos da ciência contemporânea, como é visível na tese da falseabilidade¹¹ de Popper (1934 e 1963), na estrutura das revoluções científicas¹² de Kuhn (1962), na tese da incomensurabilidade¹³ de

⁸ BRAVERMAN, 2013, p. 12.

⁹ DUHEM, P. Quelques Réflexions au sujet des Théories Physiques. *Revue des Questions Scientifiques*, XXXI, p. 139-177, 1892. (Aula inaugural do Curso de Física Matemática e de Cristalografia da Faculdade de Ciência de Lille)

¹⁰ DUHEM, P. *A teoria física: seu objeto e sua estrutura*. Trad. de Rogério Soares da Costa. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2014.

¹¹ HACOHEM, M. Karl Popper – Os anos de formação. Cambridge University Press, 2000. Resumo de trechos relevantes preparado por Osvaldo Pessoa Jr para a disciplina FLF0367, Teoria do Conhecimento e Filosofia da Ciência II, USP, 1o semestre de 2003. / FREITAS, R. A saga do ideal de boa Ciência. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, vol. 19, nº 55, 2004. 91-105

¹² JAKI, S. *Uneasy genius : the life and work of Pierre Duhem*. Dordrecht-Boston, 1984.

¹³ ABRAHÃO, L. *A tese da incomensurabilidade teórica em Paul Feyerabend*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

Feyerabend (1975) e no programa científico de pesquisa¹⁴ defendido por Lakatos (1970). Não é apenas em suas concepções filosóficas que encontramos influências duhemianas, mas também no fato de que esses filósofos, assim como Duhem, consideravam que a história da ciência era um instrumento essencial para o entendimento dos fundamentos da pesquisa científica (especialmente, Thomas Kuhn). Em outra vertente, os filósofos do Círculo de Viena também encontraram nas reflexões de Duhem muitos estímulos e problemas que fazem parte das modernas discussões na epistemologia e até em filosofia da linguagem. Foi um vienense, Frederick Adler, quem traduziu para o alemão *A Teoria Física*, em 1908, fato que contribuiu para que a obra de Otto Neurath e a primeira versão do *Círculo* fossem impregnadas com a visão holística e histórica da ciência. Sobretudo, é devido ao famoso ensaio do filósofo analítico norte-americano Willard van Orman Quine, “*Two Dogmas of Empiricism*”, de 1951, e sua referência à Duhem, que o seu pensamento se “popularizou” pelo mundo anglo-saxão.

A tese duhemiana da *subdeterminação da teoria pela evidência* ganhou visibilidade quando foi introduzida no mundo anglo-saxão na década de 1950, por uma singela nota de rodapé, no ensaio “Dois dogmas do empirismo”¹⁵, na qual Quine se referiu às ideias de Duhem para fundamentar a sua crítica ao reducionismo, que é, para ele, um dogma mal fundamentado do empirismo. Para Quine, o dogma do reducionismo ‘é a crença de que cada enunciado significativo é equivalente (redutível) a alguma construção lógica sobre termos que se referem à experiência imediata’. Porém, segundo Quine, esse dogma pode ser evitado se levarmos em consideração a tese holista de Duhem de que “nossas afirmações sobre o mundo externo enfrentam o tribunal da experiência sensorial não individualmente, mas como um órgão corporativo”¹⁶. É devido a esse comentário que é comum vermos na literatura (sobre filosofia da ciência e filosofia da linguagem) a tese da subdeterminação da teoria pela evidência sendo chamada por “tese Duhem-Quine”. Mas é importante dizer que Duhem é muito menos radical do que Quine na extensão da sua tese. Enquanto Duhem se mantém no campo estrito da física, Quine as expandem para além da ciência, como a linguagem, o campo semântico.¹⁷

¹⁴ Cf. BRAVERMAN, 2013.

¹⁵ QUINE, 1953, p. 20-47.

¹⁶ QUINE, 1953, p. 41.

¹⁷ Como é conhecido, Quine usa a tese de subdeterminação para refutar um dos dogmas de positivistas lógicos – segundo o qual declarações podem ser verificadas ou refutadas individualmente – que subjaz a sua teoria do significado.

Duhem se empenhou na análise da natureza da teoria física de modo a procurar respostas para questões como “Qual é a natureza da teoria física?”, “Qual o real alcance epistêmico de uma teoria?” ou ainda “A teoria física é uma explicação ou uma representação da realidade?”. Paralelo a isso seu empenho estava voltado também ao estudo dos pressupostos metodológicos da ciência Física.

Para tanto, Duhem faz da história da ciência um laboratório para suas reflexões com o intento de buscar fatos que fundamentam sua noção de teoria física. Em seu estudo, Duhem levanta as várias opiniões dos físicos sobre a natureza das teorias físicas existentes desde a Antiguidade, passando pela escolástica, pelos grandes inventores do século XVII, pelo mecanicismo até chegar a filósofos do seu tempo, como Ernst Mach e Henri Poincaré.

Nesse percurso histórico Duhem encontrou fatos na ciência que não coadunam com a visão clássica de que o objetivo da teoria física é *explicar* os fenômenos. Tal visão implica em atribuir à teoria física o papel metafísico de desvelar a causa última dos fenômenos a fim de explicar o funcionamento dos corpos. Mas será que a experiência realmente nos coloca em contato com a essência dos fenômenos? Duhem responde negativamente e constrói um conjunto de argumentos contra essa posição essencialista da ciência, reformulando, assim, o papel da experiência em sua relação com a teoria.

O edifício da física se ergue de modo que nem a lógica pura e nem os puros dados da experiência são suficientes para suportá-lo. A concepção segundo a qual a ciência produz verdades absolutas através das teorias asseguradas pelos dados da experiência é algo que já foi impugnado por muitos filósofos, mas continua sendo assunto discutido nos âmbitos da história e da filosofia da ciência, encontrando em Duhem uma força a mais para miná-la. O físico francês foi um destes pensadores que defendeu a tese de que o objetivo das teorias físicas não é fornecer uma explicação verdadeira sobre o mundo, mas sim representar uma série de leis experimentais por meio de proposições matemáticas. As evidências históricas comprovam como é ingênuo pensar a atividade científica como criadora de verdades incontestáveis sobre o mundo. Sendo assim, a defesa de Duhem é que a teoria é mais uma descrição dos fenômenos físicos do que a sua explicação. Ela não pretende descobrir e explicar a essência que existe por trás desses fenômenos, ela apenas é uma representação das leis que os regem.

Duhem foi um grande crítico da ideia segundo a qual a ciência formula hipóteses e as coloca sob o crivo da experiência para prová-las *verdadeiras* ou *falsas*, e que somente a

experiência é capaz de dizer quais teorias são aceitáveis ou não. Ele apoia a justificação dos seus argumentos não apenas nos exemplos que a história da ciência permitiu reunir e a sua própria vivência enquanto físico, mas, sobretudo, em sua tese holista: “uma experiência em física nunca pode condenar uma hipótese isolada, mas somente todo um conjunto teórico”¹⁸. Sua asserção é que teorias só podem ser testadas em blocos e, por conseguinte, as *experiências de prova* nos dizem apenas se a teoria em seu conjunto sobreviveu ou não ao teste. Se a previsão da teoria não ocorre, a experiência não tem como indicar em que ponto está o erro uma vez que o físico lança mão de todo um arcabouço teórico no momento do teste. A questão não é que as hipóteses não podem ser *criadas* e subsistirem isoladamente, mas que elas não podem ser *testadas* isoladamente porque existem pressupostos que não têm como ficar fora do experimento. O holismo de Duhem, levado às últimas consequências, coincide com um rigoroso exame do método experimental tal como é usado na Física.

Em primeiro lugar, o holismo inevitável de Duhem ameaça a possibilidade de verificação experimental e torna os experimentos cruciais impossíveis na física, uma vez que o instrumento lógico utilizado para a decisão a favor de uma entre duas hipóteses concorrentes é injustificável, segundo o autor. Nenhuma experiência é capaz de fornecer elementos de provas conclusivas a favor de uma teoria e contra outra, uma vez que não se sabe o que foi rejeitado, se hipóteses auxiliares, se a teoria principal em questão ou se algum outro aparato conceitual utilizado. A evidência, por si só, não tem o poder de ser o único instrumento de decisão entre hipóteses concorrentes, pois é perfeitamente possível que existam hipóteses concorrentes entre si que deem conta de representar um mesmo fenômeno. Disso resulta que as teorias da física são subdeterminadas pelos dados da experiência, uma tese conhecida como a tese da subdeterminação da teoria pela evidência. Em outras palavras, a crença na evidência é insuficiente para refutar ou confirmar uma teoria, definitivamente.

Deste modo, reconhecendo a importância do pensamento de Duhem para a história da filosofia da ciência, o objetivo dessa pesquisa é resgatar o estudo do holismo duhemiano dentro de uma perspectiva filosófica. Pretendemos apresentar uma reflexão sobre a origem, os pressupostos, a estrutura e o alcance do holismo epistemológico/metodológico defendido por ele. Nosso estudo guia-se pela reconstrução dos argumentos do físico francês a favor do holismo para a ciência e a análise das suas consequências, o que nos trará um entendimento geral do funcionamento da ciência tal como pensava Duhem.

¹⁸ DUHEM, 2014, p. 225.

Para que o objetivo desse trabalho seja alcançado torna-se necessário percorrermos o caminho feito pelo nosso autor em sua compreensão das noções de teoria física e experimento, que implica numa visão da ciência essencialmente holista. Assim, o corpo desse trabalho é disposto da seguinte maneira: primeiramente realizaremos análise e comentário de aspectos mais gerais da epistemologia duhemiana, sobretudo um estudo (sucinto) relativo à estrutura e ao objeto da teoria física e, posteriormente, a nossa investigação tratará diretamente sobre o objeto da pesquisa, a tese holista duhemiana.

Para tanto, o nosso estudo se circunscreve ao âmbito dos trabalhos filosóficos de Duhem, bem como ao estudo de textos de comentadores que discutiram direta ou indiretamente o tema dessa pesquisa. Na primeira parte, apresentaremos a concepção duhemiana de teoria física a partir da sua crítica à visão essencialista da ciência, presente tanto em seus primeiros ensaios filosóficos *Algumas reflexões sobre as Teorias Físicas e Física e Metafísica*, publicados em 1892 e 1893, respectivamente, como nos capítulos um e dois da primeira parte da obra *A Teoria Física*, de 1906. Da definição de teoria física oferecida por Duhem, analisaremos a noção de *classificação natural* como o seu objetivo. Entretanto, precisamos ressaltar que tal noção não foi desenvolvida nesses primeiros ensaios supracitados, mas apenas na obra de 1906. Seguiremos com o estudo dos pressupostos da relação entre teoria e experimento presentes no capítulo seis da segunda parte de *A Teoria Física* e também no ensaio *Algumas Reflexões acerca da Física Experimental*, publicado em 1894, onde Duhem expõe pela primeira vez sua concepção de conhecimento empírico, explicitando noções de leis, experimento e método. Dois outros ensaios tardios de Duhem possibilitam auxílio na abordagem de alguns problemas tratados nesta parte, como *Física do crente*¹⁹, publicado em 1904, e *O valor da Teoria Física*²⁰, publicado em 1908. A partir da investigação do método experimental ou, propriamente falando, da relação teoria-experimento, encontramos as origens da rejeição duhemiana ao experimento crucial na física que remonta à tese holista – que apresentaremos no final dessa primeira parte, mas que será mais bem analisada na parte seguinte.

Na segunda parte, mostraremos quais foram as motivações de Duhem para a elaboração da tese holista; tais motivações estão relacionadas com as críticas ao método

¹⁹ Artigo publicado nos *Annales de Philosophie Chrétienne*, 77°. Ano. 4ª série, tomo I, p. 44-133. Outubro-Novembro de 1905. (DUHEM, P. Física do Crente. Trad. José Luiz Fourniol Rebello. In MARICONDA. P. (org) A filosofia da física de Pierre Duhem. *Revista Ciência e Filosofia*, nº 4, p. 121-54, São Paulo, 1989e.)

²⁰ DUHEM, P. La valeur de la théorie physique. *Revue des Sciences Pures et Appliquées*, Vol. 1, p. 7.19, janeiro, 1908,

indutivo e as experiências cruciais na física. Tentamos investigar o que é comumente chamado de ‘tese Duhem-Quine’ através do estudo de uma parte da literatura disponível sobre o problema e depois como esta tese se apresenta no ensaio de Quine, *Os dois Dogmas do Empirismo*, e na obra de Duhem, *A Teoria Física*. Pretendemos expor, com base na interpretação de um dos mais importantes comentadores da obra duhemiana, Roger Ariew, os recorrentes equívocos que existem na literatura secundária sobre os estudos da linguagem e da ciência, em que atribuem à Duhem o sentido da Tese Duhem-Quine. Segundo o comentador, a tese Duhem-Quine está fundamentada em duas subteses, a saber: (a) hipóteses não podem sofrer controle experimental isoladamente, mas apenas em conjunto, e (b) para manter uma afirmação particular verdadeira é sempre possível fazer modificações em outras afirmações relacionadas a ela, *aconteça o que acontecer*. O comentador defende que a real Tese de Duhem não abarca a segunda subtese (b), uma vez que, para Duhem, o experimento nunca aponta onde está o erro no caso das refutações e, sobretudo, porque para Duhem sempre irá existir um limite moral (ou social) que impedirá a perpetuação de tais modificações. A segunda razão da delimitação sugerida por Ariew diz respeito ao alcance e aplicação das teses. Duhem não admite que a tese holista seja aplicada fora do âmbito da física, no sentido de atingir hipóteses que não possuam consequências observacionais, em contrapartida, a Tese Duhem-Quine se refere a todas as declarações e todas as provas, portanto, em relação à Tese Duhem-Quine, "a tese de Duhem é limitada tanto na força como no âmbito da sua conclusão"²¹. Dessa forma, após ter esclarecido essa ambiguidade, pretendemos trazer à luz a genuína tese holista postulada por Duhem.

²¹ ARIEW, 1984, p. 323.

PARTE I

A EPISTEMOLOGIA DUHEMIANA E A NOÇÃO DE TEORIA FÍSICA

1.1. O papel da teoria física e a explicação metafísica

Em seu artigo de 1905, *Física do Crente*²², Duhem se propõe a defender sua filosofia da provocação que o filósofo e historiador da ciência francês Abel Rey²³ fez a partir da análise de todos os seus escritos publicados até o ano de 1904. Rey afirma que Duhem formulou uma ‘filosofia científica de um crente’, no sentido em que ela escapa ao rigor científico e que a crença cristã foi o verdadeiro guia e a razão de suas conclusões a respeito da ciência Física.

Embora Duhem reafirme a sua fé cristã, ele diz ainda que todo o sistema físico que ele formulou - a saber, o método, a natureza e o alcance das teorias físicas - é isento de qualquer influxo religioso. Sendo assim, tanto faz um incrédulo ou um crente, ambos irão trabalhar em comum acordo com o modo como ele havia pensado a ciência. É ainda nesse artigo que Duhem expõe as razões que o levaram a formular a noção de teoria física tal qual é colocada em seus textos.

Levado pela influência de seus primeiros professores de física e, também, pela onda mecanicista e atomista da época, Duhem, ainda muito jovem, tendeu a acreditar que o ideal da física era o modelo de explicação de mundo mecanicista. Mas, se por um lado, os químicos e físicos da época exaltavam o método de Newton, por outro, os espíritos matemáticos mantinham ainda o senso crítico. Um pouco mais tarde, essa lição dos matemáticos sobressaía na postura duhemiana e nosso físico francês passou então a imaginar uma ciência que fosse construída “com aquele rigor lógico que os algebristas nos tinham ensinado a admirar”²⁴, como afirma ele.

Arelado a isso, foi em seus primeiros anos como professor, na Faculdade de Ciências de Lille, na França, diante das dúvidas dos alunos e da falta de explicações satisfatórias sobre os princípios da Termodinâmica, que Duhem se convenceu da necessidade de refletir sobre os fundamentos da Física.

²² DUHEM, P. *Física do Crente*. Trad. de José Luiz Fourniol Rebello. In MARICONDA, P. (org). *Ciência e Filosofia*, n. 4, p. 121-54, São Paulo, 1989e.

²³ REY, A. La Philosophie Scientifique de M. Duhem. *Revue de Métaphysique et Morale*, 12º. Ano, p.699, julho de 1904.

²⁴ DUHEM, 1989e, p. 124.

Essa rude, mas salutar, prova não tardou a nos convencer que a física não podia ser logicamente construída sob o plano que tínhamos empreendido seguir; que o método indutivo como Newton o definiu, não podia ser praticado; que a própria natureza, que o verdadeiro objeto da teoria física não tinham sido ainda postos em evidência com inteira clareza (...) ²⁵.

É assim que, pelas ‘necessidades do ensino’, ao constatar a impossibilidade de expor qualquer doutrina física sem antes esclarecer o seu objeto e a sua estrutura, Duhem começa por retomar a análise da Física através da análise dos seus fundamentos. E, como que por “*intuição das verdades*”, ele afirma que a teoria física “não é uma explicação metafísica, nem um conjunto de leis gerais de que a experiência e a indução estabeleceram a verdade” ²⁶.

Se partirmos de uma definição amplamente aceita para o conceito de ciência ao longo da história, esta poderia ser resumida pelas palavras de J. J. Davies em seu livro *On the Scientific Method*, de 1968, segundo a qual “ciência é apenas uma estrutura construída sobre fatos” ²⁷. Entretanto, podemos afirmar que Duhem aceitaria essa visão até certo ponto. Com efeito, os fatos e o devido domínio deles são o primeiro degrau - um tanto primitivo - que o espírito humano deve se colocar para conhecer o mundo. Mas o que são os fatos e como é possível conhecê-los? No âmbito estritamente científico, os fatos significam um estado de coisas que nos chegam aos sentidos através da observação e da experiência e, conseqüentemente, “o conhecimento de um grande número de fatos forma um aglomerado confuso que constitui propriamente o *empirismo*” ²⁸. O que fazer com cada fato novo que as novas experiências e observações nos trazem? Uma grande parte da tradição filosófica e científica nos diria que a partir do conhecimento de certo número de fatos particulares podemos chegar, por generalização, ao conhecimento das leis experimentais. Seria o procedimento do método indutivo. Vale ressaltar que existiu uma divergência em relação ao método indutivo no pensamento de Duhem. Houve uma mudança de postura entre o seu primeiro escrito filosófico (*Quelques réflexions au sujet des théories physiques*, de 1892) e os seus textos subsequentes. No primeiro ensaio, embora Duhem tenha iniciado uma crítica ao método indutivo, ele ainda recomendava esse método contra os excessos do mecanicismo. A análise do método experimental realizada até a publicação da obra *A Teoria Física* mostra a conclusão de Duhem sobre a insuficiência da indução; esse fato é, para Brenner ²⁹, uma

²⁵ DUHEM, 1989e, p. 124

²⁶ DUHEM, 1989e, p. 125.

²⁷ Referência retirada do livro *Ciência: conceitos-chave em Filosofia*, de Steven French, 2009, p. 66.

²⁸ DUHEM, 1989a, p. 13.

²⁹ CF. BRENNER, 1990.

profunda evolução do pensamento de Duhem³⁰ (não queremos analisar os mecanismos do método indutivo e suas consequências, tampouco a legitimidade com a qual passamos do conhecimento dos fatos particulares ao conhecimento das leis gerais; pretendemos, agora, apenas analisar o próprio conhecimento dos fatos, mais especificamente, das leis experimentais segundo Pierre Duhem).

A descoberta das leis experimentais não é o final da trajetória que o espírito do cientista percorre; além disso, o cientista necessita ainda de uma ferramenta que o ajude a operar o aglomerado de leis que a observação o permitiu conhecer. Para Duhem essa ferramenta é a teoria física. Em seu primeiro ensaio filosófico já citado, *Algumas reflexões sobre as teorias físicas*, Duhem começa por estabelecer uma espécie de hierarquia entre empirismo, ciência experimental e ciência teórica no que diz respeito ao conhecimento oriundo da Física.

O conhecimento das leis experimentais constitui a *ciência puramente experimental*, tão elevada acima do empirismo como a lei o é acima do fato particular. Mas a ciência puramente experimental não é o último termo do conhecimento do mundo exterior. Acima dela está a *ciência teórica*. Aquilo que nos propomos estudar é a natureza dessa ciência, tomando como exemplo a teoria mais próxima da perfeição, que recebeu o nome de *física matemática*³¹. (grifo do autor)

Os três degraus do conhecimento indicados por Duhem, quais sejam, o conhecimento dos fatos, das leis e da teoria, já apontam para a supremacia da física teórica; é ela, portanto, a ciência sobre a qual iremos dissertar na primeira parte desse trabalho, cujo papel é algo caro à epistemologia duhemiana, de modo que a noção de teoria física é o alicerce de todo o seu sistema filosófico e científico.

Convém identificar um ponto perceptível da evolução do pensamento de Duhem no que concerne ao papel atribuído por ele à teoria física³²: enquanto que em 1892 ele afirmou que a física matemática “não é a explicação do mundo material, mas uma simples representação das leis descobertas pela experiência”³³, em 1906 (ano de publicação da sua

³⁰ BRENNER, 1990, p. 73- 75.

³¹ DUHEM, 1989a, p. 13.

³² BRENNER, 1990, p. 30.

³³ DUHEM, 1989a, p. 33.

grande obra *A Teoria Física*) ele afirma que o papel da teoria física, além de ser o de representação das leis experimentais, ainda é *classificação* dessas leis³⁴.

No início da obra “*A Teoria Física: seu objeto e sua estrutura*” (1906), Duhem coloca a questão de fundo da sua epistemologia: “*Qual o objetivo da teoria física?*” e nos apresenta dois pontos de vista distintos em resposta a ela. O primeiro afirma que o objetivo da teoria física é a *explicação* de um conjunto de leis experimentais, o segundo, por sua vez, afirma que a teoria tem por meta *representar* as leis experimentais sem pretender explicá-las. Os argumentos de Duhem seguem em prol do segundo ponto de vista e em completo desacordo com o primeiro.

Para Duhem, as teorias representam leis científicas e esse caráter representativo difere essencialmente da posição muito aceita por uma parte da tradição filosófica segundo a qual a teoria física tem por objeto a *explicação* dos fenômenos físicos desvelando a realidade subjacente a eles (assim como defendem as escolas cosmológicas peripatética, newtoniana, atomista e cartesiana³⁵). Vejamos as razões pelas quais Duhem discorda da noção de teoria física considerada como explicação através da sua compreensão de demarcação entre física e metafísica, rigorosamente apresentada em seu artigo de 1893, intitulado “*Física e Metafísica*”³⁶.

Duhem coloca o campo estrito da física e o campo estrito da metafísica em dois degraus que o homem precisa escalar para obter um conhecimento mais completo do mundo. O primeiro degrau é aquele que se encontram os fenômenos observáveis, capazes de serem conhecidos pelos nossos sentidos, é o conhecimento físico do mundo. O segundo, e mais elevado, é o degrau onde o espírito humano é capaz de *induzir* as propriedades das substâncias que causam os fenômenos observáveis, é o campo da metafísica³⁷. Todavia, adverte Duhem, a origem da distinção entre física e metafísica não decorre da diferença dos objetos estudados, mas sim da natureza da nossa inteligência.

A necessidade de distinguir o estudo dos fenômenos do estudo das suas causas foi movida, no interior do projeto duhemiano, por acusações de que sua visão de ciência recai sobre certo ceticismo ou positivismo, de modo que a distinção entre os referidos domínios do conhecimento é a resposta de Duhem a esses julgamentos.

³⁴ DUHEM, 2014, p. 46-57.

³⁵ DUHEM, 2014, p. 38.

³⁶ DUHEM, P. Physique et Métaphysique. *Revue des Questions Scientifiques*, XXXIV, 1893, p. 55-83.

³⁷ DUHEM, 1989c, p. 42.

Em “*A Teoria Física*”, Duhem esclarece o conceito de ‘explicação’ tal qual é utilizado no enunciado ‘A teoria física é uma *explicação* do real’: “explicar, *explicare*, é despir a *realidade* das *aparências* que a envolvem como véus, a fim de ver essa realidade nua e face a face”³⁸. Entretanto, ao nos colocarmos na posição de um observador, essa realidade escondida sob as aparências não nos é acessível pelos nossos sentidos, afinal, não temos a intuição direta da essência das coisas, afirma Duhem³⁹. O que os nossos sentidos nos informam são os fenômenos tidos em sua forma particular e concreta.

Para os defensores do caráter explicativo das teorias físicas, as leis experimentais não têm por objeto a realidade material; elas não tomam os fenômenos de forma particular e concreta, mas em sua forma abstrata e geral, de tal modo que, ‘despindo e rasgando os véus dessas aparências sensíveis, a teoria vai procurar aquilo que há realmente nos corpos’. As leis experimentais da Ótica, por exemplo, estão baseadas em percepções visuais que, a partir de uma *análise racional*, pretendem ser uma demonstração da *realidade* do fenômeno em questão, e não uma descrição da aparência sensível. A teoria vibratória da luz⁴⁰ (um exemplo frequentemente utilizado por Duhem) ilustra bem uma teoria que, a partir da noção de éter e todo o peso metafísico que ela carrega, pretende ser uma teoria explicativa no sentido em que estamos falando.

Ela (a teoria vibratória da luz) supõe que todos os corpos que vemos, sentimos, pesamos estão imersos em um meio imponderável e inacessível a nossos sentidos, chamado *éter*. A esse éter ela atribui certas propriedades mecânicas. Ela admite que toda luz simples é uma vibração transversal, muito pequena e muito rápida, desse éter e que a frequência e a amplitude dessa vibração caracterizam a cor dessa luz e seu brilho. E, sem nos fazer perceber o éter, sem nos pôr em contato *visual* com o vaivém da vibração luminosa, ela prova que seus postulados derivam consequências completamente de acordo com as leis que nos fornece a Ótica experimental⁴¹. (grifo do autor)

³⁸ DUHEM, 2014. p. 31.

³⁹ DUHEM, 1989c, p. 43.

⁴⁰ A controvérsia sobre a natureza da luz mobilizou filósofos e cientistas por um longo tempo - surgiu com os gregos antigos e se estendeu até meados do século XIX. No século XVII, duas teorias predominantes fizeram parte dessa discussão: a teoria corpuscular e a teoria ondulatória da luz. "A primeira afirma que a luz é uma substância, uma entidade física autônoma que emana dos corpos luminosos. A segunda sustentava que a luz é uma propriedade de um substrato existente entre os corpos materiais, uma perturbação que se propaga no espaço". A principal diferença entre ambas é que, para a primeira, o fluxo de partículas transmite matéria e energia, enquanto que para a segunda, uma onda transmite apenas energia. A teoria vibratória teve o físico holandês Christiaan Huygens como o seu principal defensor, que afirmava que "a luz é uma perturbação que se propaga em velocidade constante no éter, à maneira das ondulações concêntricas provocadas pelo lançamento de uma pedra em uma superfície de água calma". (Cf. YOAV, p. 89-92)

⁴¹ DUHEM, 2014, p. 33.

Se a teoria é uma explicação do real, como queriam alguns filósofos e cientistas, então ela deve dar conta não apenas da explicação dos fenômenos observados, mas, necessariamente, ela deve explicar as causas últimas desses fenômenos. Sendo assim, a teoria física estaria subordinada à metafísica. A atribuição do papel de explicação para as teorias físicas significa colocá-las sob a dependência de sistemas metafísicos. Estes estão sempre de acordo com determinadas doutrinas filosóficas que pela história da filosofia se mostraram divergentes entre si, o que acarreta além da ausência de consentimento universal - que caracteriza a dissidência de uma ciência que se pretende assentida pela maioria dos homens - ainda uma ‘querela irresolúvel sobre causas ocultas’.

Aqui nos deparamos com duas importantes questões colocadas por Duhem: *Existe uma realidade distinta das aparências? Qual a natureza de tal realidade?*⁴² Duhem não tenta responder tais questões, pois, para ele, elas não pertencem ao escopo da ciência experimental, uma vez que a resposta a elas transcende o método da física. Essas questões são, portanto, objetos da metafísica. As discussões filosóficas acerca da natureza última dos fenômenos e da possibilidade de conhecê-la devem estar restritas ao campo da metafísica; para a física, resta apenas o estudo dos fenômenos aparentes.

A tendência antimetafísica dos cientistas da virada do século XIX foi sustentada de diferentes maneiras pelas figuras de Duhem, Mach e Ostwald⁴³, principais representantes da visão de mundo antiatomista. Mas é o físico austríaco Ernst Mach talvez o mais radical entre eles em sua pretensão de purificar a ciência empírica de conceitos metafísicos. Apesar de todos eles negarem à metafísica o papel de fornecer à física os seus princípios sobre a constituição da matéria, os estudos historiográficos de Duhem indicam que ele tinha uma posição, em parte, distinta dos antimetafísicos do século XIX, admitindo, como coloca o comentador brasileiro Leite, que “as crenças metafísicas ilusórias contribuíram para o progresso do conhecimento”⁴⁴. A partir da análise das obras historiográficas de Duhem, Leite mostra que o físico francês reconhece, com base em um ponto de vista histórico, a

⁴² DUHEM, 2014, p 34.

⁴³ Cf. KRAGH, 2012. (Encontramos no manifesto *A concepção científica do mundo: o Círculo de Viena*, de 1929, assinado por Otto Neurath, Hans Hahn e Rudolf Carnap, uma colocação um pouco mais detalhada de pesquisas antimetafísicas no início do século XX em todo o mundo. O texto destaca ainda as investigações de Russell e Whitehead na Inglaterra, do pragmático William James nos EUA e na Europa Continental esse esforço antimetafísico está concentrado sobretudo nos cientistas da Alemanha e da Áustria. Não há, entretanto, destaque para a inclinação antimetafísica de Pierre Duhem, talvez por motivo relativo à sua postura anti-atomista, já que, naquela altura, 1929, o atomismo já havia se firmado na ciência.)

⁴⁴ LEITE, 2013, p. 314.

importância da influência metafísica no desenvolvimento da ciência Física embora as teorias físicas não a sigam. Por outro lado, em um ensaio de Videira, temos a interpretação segundo a qual cientistas do período ao qual nos referimos, em particular, Duhem, Boltzman e Poincaré, admitiam a presença da metafísica em suas práticas científicas. Em síntese, Videira afirma que “o valor da teoria física é que ela mostra a existência da metafísica, a qual está localizada para além daquela numa distância segura para as duas. Essa distância permitiria que se reconhecesse a atribuições naturais da ciência – descrever os fenômenos naturais – e da metafísica, a saber: explicar por que eles são como são”⁴⁵. A precisa demarcação entre física e metafísica é o ponto que mais afasta Duhem daquele em que se encontram os seus contemporâneos - como Mach, Boltzman e Poincaré - e, ao mesmo tempo, o retira do rol dos filósofos absolutamente antimetafísicos.

Voltando ao objetivo desse tópico, a teoria física, para Duhem, tem por fim “aliviar a memória e ajudá-la a reter mais facilmente o aglomerado das leis experimentais”⁴⁶. Na formação de uma teoria, o físico não necessita guardar um grande número de leis isoladamente, mas apenas algumas proposições enunciadas em linguagem matemática. Nas palavras de Duhem:

Uma teoria física não é uma explicação, mas um sistema de proposições matemáticas deduzidas de um número reduzidos de princípios que têm por objetivo representar da forma mais simples, mais completa e mais exata possível um conjunto de leis experimentais⁴⁷.

Esse posicionamento duhemiano acerca da representação no lugar da explicação é, segundo Jonh Loose⁴⁸, baseado no conceito de *estrutura das teorias* engendrado por Duhem. Afinal, em que consiste uma teoria física? Para Duhem, a teoria física consiste em um sistema de axiomas que representam propriedades físicas por meio de símbolos matemáticos. Vejamos como Duhem designa uma teoria *verdadeira* e uma teoria *falsa*.

Uma teoria *verdadeira*, não é uma teoria que fornece uma explicação das aparências físicas conforme a realidade. É aquela teoria que representa de uma maneira satisfatória um conjunto de leis experimentais. Por outro lado, uma teoria *falsa* não é a tentativa de explicação fundada sobre suposições contrárias à realidade, mas um conjunto de proposições que não concordam

⁴⁵ VIDEIRA, 2011, p. 213,

⁴⁶ DUHEM, 1989a, p. 14.

⁴⁷ DUHEM., 2014, p. 46.

⁴⁸ LOOSE, 1979, p. 146.

com as leis experimentais. *Para uma teoria física, o acordo com a experiência é o único critério de verdade*⁴⁹. (grifo do autor)

Os destaques dados por Duhem às palavras ‘verdadeira’ e ‘falsa’ indicam a relação com outros adjetivos ditos por ele anteriormente. Como um dos representantes do instrumentalismo⁵⁰, em sua versão mais moderada, Duhem considera que não podemos julgar uma teoria como verdadeira ou falsa, pois o seu valor de verdade tem um caráter relativo. Uma teoria é considerada *boa* ou *adequada* se ela for útil dentro dos limites da sua aplicação. Podemos citar o exemplo utilizado por ele da teoria clássica dos gases:

A teoria clássica dos gases, por exemplo, era *boa* para os físicos enquanto seus instrumentos ofereciam o mesmo grau de precisão que os de Gay-Lussac. Quando o gênio inventivo de Regnault dotou a ciência de procedimentos muito mais sutis, essa teoria tornou-se *inadequada*. E ainda: a antiga teoria dos gases, inadequada para um físico cujas investigações solicitam toda precisão exigida atualmente, pode permanecer boa para um engenheiro, para um químico, se suas investigações não exigem uma exatidão maior que aquela com a qual nos contentávamos nos tempos de Gay-Lussac⁵¹. (grifo nosso)

Desse modo, “uma teoria não pode ser julgada, se não levarmos em consideração os limites do campo ao qual se pretende aplicá-la e o grau de precisão experimental que ela supõe”⁵². Logo, a adequação empírica é o único *critério de verdade* da teoria; este objetivo que o cientista deve perseguir, juntamente com a concordância das predições, é o único meio de avaliar se uma teoria é boa ou não.

A adequação empírica é objetivada pelo cientista que modifica suas teorias, de modo a enquadrar os fatos novos. Na perspectiva duhemianiana, a história da marcha da ciência é testemunha de como esta progride. Em seu ensaio *Sauver les phénomènes*, publicado originalmente em 1908, Duhem procura mostrar como as teorias científicas – desde a Antiguidade – são caracterizadas por uma tentativa de adequação empírica entre as teorias e os fenômenos observados. O que o cientista visa é “salvar as aparências”, na medida em que constrói teorias destinadas a fornecer consequências em conformidade com as leis experimentais⁵³.

⁴⁹ DUHEM, 2014, p. 47.

⁵⁰ LAUDAN, 2000 e POPPER, 1934 e 1963.

⁵¹ DUHEM, 1989a, p. 20-21.

⁵² DUHEM, 1989a, p. 21.

⁵³ OLIVEIRA, A. *Classificação natural: a meta da teoria física para Pierre Duhem*. Artigo publicado no Caderno UFS Filosofia, n. 6, p. 23-31, 2009.

O importante debate sobre a salvação das aparências⁵⁴ foi enriquecido com o texto de Duhem “*Salvar os fenômenos: Ensaio sobre a noção de teoria física de Platão a Galileu*”⁵⁵, publicado em 1908, onde ele procura mostrar, através do estudo da história da ciência, que as grandes teorias astronômicas⁵⁶ desde a antiguidade são “instrumentos de cálculo e predição”, bem como todas as teorias físicas também o são. Desde que existe filosofia (ou ciência) da Natureza, as questões sobre o valor da teoria física e sua relação com explicações metafísicas estiveram sempre presentes, de modo que desde a antiguidade os gregos já pensavam sobre a relação entre a astronomia (nossa física atual) e a física (nossa metafísica atual)⁵⁷. No sentido antigo em que nos referimos à astronomia, o *método do astrônomo*, que Duhem resgata de Platão, elabora hipóteses que objetivam apenas salvar as aparências, em contrapartida, o *método do físico*, defendido por Aristóteles, medita sobre a natureza dos corpos celestes.

Logo, é a partir do debate sobre o objeto da teoria física e a recusa pela ideia de explicação em física, que Duhem introduz sua alternativa para essa rejeição. Essa alternativa é a ideia de classificação natural que pretende ser uma representação da relação entre os fenômenos e não uma explicação da natureza dos mesmos.

1. 2- A teoria física e o princípio de classificação natural

Como havíamos afirmado, o objetivo de Duhem é delimitar exatamente a natureza e o objeto da teoria física para fortalecer as bases do seu projeto científico de unificação da física

⁵⁴ Os astrônomos antigos seguiam o princípio metodológico de “salvar os fenômenos”, baseado na tradição platônica. Encontra-se em *Aristotelis quatuor libros de Coelo commentaria*, de Simplicios, formulada o objetivo da astronomia segundo Platão: “Platão admite, em princípio, que os corpos celestes se movem com um movimento circular, uniforme e constantemente regular; ele coloca então este problema aos matemáticos: quais são os movimentos circulares, uniformes e perfeitamente regulares que convém tomar como hipótese, a fim de poder salvar as aparências apresentadas pelos planetas?” (livro 2, comentários 43 e 46) Portanto, o conhecimento científico não objetivava descrever a realidade da natureza, mas sim, criar modelos matemáticos, ou construções geométricas, que dessem conta de *salvar* ou explicar, os movimentos dos corpos celestes. (Cf. DUHEM, 1908)

⁵⁵ DUHEM, P. *Salvar os fenômenos*. Trad. por Roberto de A. Martins. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, Suplemento 3, p 5-105, São Paulo, 1984.

⁵⁶ A astronomia daquela época corresponde ao que hoje entendemos por física; ela foi a parte da ciência natural que conseguiu certo ‘grau de perfeição’, como afirma Duhem, por ser uma teoria expressa em linguagem matemática.

⁵⁷ DUHEM, 1984, p. 5-8.

a partir da Energética⁵⁸. Ainda no que diz respeito à *utilidade* da teoria, Duhem nos diz que a teoria não contribui para nos ensinar absolutamente nada além do conhecimento contido nas próprias leis experimentais, mas, se a teoria não nos ensina nada, ‘que vantagem encontram os físicos em substituir as leis que fornece diretamente o método experimental por um sistema de proposições matemáticas que as representam?’. Para essa questão, Duhem se apoia, então, no pensamento de Ernst Mach para atribuir sua primeira utilidade à teoria; segundo Mach, o objetivo e o princípio da ciência consistem em uma *economia intelectual*⁵⁹.

O pensamento do físico austríaco Ernst Mach, em que traços positivistas⁶⁰ sempre estiveram presentes, é marcado por uma recusa dos modos mecanicistas e pelo forte apelo à experimentação, associado a uma postura *convencionalista* que defende o princípio de economia do pensamento como a verdadeira natureza da ciência. O objetivo de Mach é livrar a ciência das *obscuridades metafísicas* para construir uma ciência fortificada contra os *abusos dos métodos especulativos*⁶¹. A reflexão do professor e físico português Augusto Fitas sobre o pensamento de Ernst Mach⁶² revela com clareza o seu caráter positivista e antimetafísico.

Os conceitos científicos, as leis, as teorias devem ser entendidas como uma forma de economizar o trabalho intelectual de tal modo que a experiência adquirida fique registrada, podendo ser transmitida através de uma teoria formulada matematicamente. É este princípio geral que se constitui, como trincheira, contra os pretensos avanços das especulações ou, por outras palavras, das pretensas teorias científicas sem uma sólida base empírica. Este princípio é arvorado como o único critério para determinar a validade dos conceitos, separando-os entre científicos e metafísicos⁶³.

⁵⁸ A Energética para Duhem, ao mesmo tempo em que pretende ser uma expansão das aplicações da Termodinâmica, objetiva também separar esta última de uma formulação fundada sobre a mecânica clássica. Suas ideias podem ser encontradas em muitos dos seus textos científicos, mas, com mais desenvolvimento nos ensaios "Commentaires aux principes de la thermodynamique", in *Journal de mathématiques pures et appliquées*, 1892-1893-1894. Com o objetivo de definir a noção de calor, Duhem se desvia das noções mecanicistas de movimento molecular ou energia cinética, introduzindo a noção de temperatura com o objetivo essencialmente operacionista. Como afirmou Duhem, “as teorias físicas sofrem, na época atual (se referindo ao século XIX), uma evolução profunda; a ciência do movimento, a Mecânica, deixou de ser a doutrina dominante de todas aquelas teorias, exigindo, por tornar-se não mais que um ramo - o mais simples de todos - uma ciência mais geral; esta ciência, na qual as leis abarcam, não somente, o movimento de deslocamento de corpos, mas também, toda mudança de qualidade, de propriedades, de estado físico e de constituição química; esta ciência é a Termodinâmica atual ou, segundo a palavra criada por Rankine, a Energética”. (SOUZA FILHO, 1998, p. 10) A energética duhemiana é um projeto de unificação da física teórica, cujos pilares são o conceito de potencial termodinâmico e o formalismo analítico de Lagrange. (Cf. SOUZA FILHO, 1998)

⁵⁹ DUHEM, 2014, p. 48.

⁶⁰ PEREIRA, L. S. e FREIRE Jr. O. *As doutrinas positivistas de Auguste Comte e Ernst Mach: diferentes posturas em relação ao atomismo no século XIX*. Anais - XVI Encontro Nacional de Ensino de Química (XVI ENEQ) e X Encontro de Educação Química da Bahia (X EDUQUI). Salvador: 2012.

⁶¹ FITAS, 1998, p. 8-9.

⁶² MACH, E. *The Science of Mechanics*, The Open Court Publishing Company, New York, 1974.

⁶³ FITAS, 1998, p. 8-9.

Segundo Fitas, dentre os físicos que criticaram os fundamentos da Mecânica (Mach, Duhem, Poincaré, Boltzmann, Hertz...), Mach foi o que mais ativamente teorizou, em termos filosóficos, a postura positivista na Física. É marcante a influência de Mach na epistemologia do século XX, a exemplo do positivismo lógico do Círculo de Viena⁶⁴ que viu nas ideias dele uma importante fonte de inspiração e apoio contra as correntes metafísicas.

Duhem era leitor das obras de Mach e escreveu um livro que constitui uma análise de suas ideias⁶⁵. Ademais, encontramos com certa frequência referências à Mach em *A Teoria Física*; porém, sem dúvidas, o princípio de economia é a mais importante marca de Mach no pensamento duhemiano. É importante ressaltar, no entanto, que Duhem não esteve integralmente de acordo com as ideias de Mach. Os maiores desacordos entre ambos estão na leitura da história e no papel da metafísica, fruto dessa leitura. Enquanto Duhem prefere seguir os meandros do desenvolvimento histórico, com a real visão do funcionamento da atividade científica, Mach prefere fazer história através de uma reconstrução racional. Enquanto Mach é absoluto em sua recusa a metafísica, Duhem admite a importância do papel dessa para a ciência.

Duhem se apropria da noção machiana de economia do pensamento para depois afastar-se dela com a criação da sua concepção de teoria física como uma *classificação natural*. Como vimos, Duhem nega a ideia de que as teorias físicas são explicações metafísicas dos fenômenos e defende que a teoria é uma representação matemática que tem como objetivo auxiliar na memória do físico, pois é o instrumento que ordena as leis experimentais. Vejamos melhor o que Duhem entende por economia de pensamento e classificação natural das leis.

Duhem afirma que a lei experimental, por si só, já representa uma primeira espécie de economia intelectual, uma vez que é derivada de um grande número de fatos particulares observados. Como seria infinitamente difícil para o homem reter cada fato em suas várias particularidades e comunicar o devido conhecimento desses aos outros, é através da *abstração* que é possível sair dos dados particulares e alcançar aquilo que há de mais geral conduzindo, portanto, a formulação de um único enunciado, uma lei da física. Para Duhem, a abstração tem o seguinte papel:

⁶⁴ OUELBANI, 2009, p. 7-21.

⁶⁵ DUHEM, P. *L'Évolution de la mécanique : Les théories de la chaleur et Analyse de l'ouvrage de Ernst Mach -men annexes*, Paris : Maison d'éditions A. Joanin et Cie, 1903

(...) faz desaparecer tudo aquilo que havia de particular e de individual em cada um desses fatos e extrai 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 formula uma lei física⁶⁶.

Vejam os a seguinte passagem retirada da obra de Mach, *Mecânica: exposição histórica e crítica do seu desenvolvimento*, e citada por Duhem em “A Teoria Física”:

Por exemplo, em lugar de anotar um a um os diversos casos de refração da luz, podemos reproduzi-los e prevê-los todos se sabemos que o raio incidente, o raio refratado e o perpendicular estão no mesmo plano e que $\sin i / \sin r = n$. Em lugar de notar inumeráveis fenômenos de refração nos meios e sob diferentes ângulos, tem-se somente que observar o valor de n levando em consideração as relações acima, o que é infinitamente mais fácil. A tendência à economia é aqui evidente⁶⁷.

Após essa primeira economia intelectual - a substituição dos fatos concretos pelas leis - é possível ainda uma segunda abstração, aquela que passa das leis experimentais às teorias resultando em uma dupla economia de pensamento. Em outras palavras, “aquilo que a lei de refração é para os inumeráveis casos de refração, a teoria óptica é para as leis infinitamente variadas dos fenômenos luminosos”⁶⁸.

O progresso da ciência Física, para Duhem, se deve, entre outras coisas, a essa capacidade que o físico teórico tem em representar de forma condensada os novos conhecimentos em sistemas econômicos cada vez que novas descobertas são feitas e novas leis são criadas. Na epistemologia duhemiana, pode-se sintetizar a ideia de desenvolvimento da física como uma luta contínua entre a “natureza que não se cansa de produzir” e a razão que “não se cansa de conceder”⁶⁹.

Entretanto, a teoria não é meramente uma representação econômica das leis experimentais, para o nosso autor, ela tende a ser também uma classificação dessas leis, aspirando, ainda, a se transformar em uma espécie de *classificação natural*⁷⁰.

⁶⁶ DUHEM, 2014, p. 49.

⁶⁷ MACH, E. *Mecânica: exposição histórica e crítica de seu desenvolvimento*. Paris: Hermann, 1904, p. 453.

⁶⁸ DUHEM, 2014, p. 49

⁶⁹ DUHEM, 2014, p. 50.

⁷⁰ A noção de classificação natural está presente no segundo capítulo da obra *La théorie physique*, mas Duhem destaca em uma nota de rodapé que esse mesmo assunto já tinha sido abordado em um texto anterior, um artigo chamado *A Escola Inglesa e as teorias físicas*, publicado em 1893.

Duhem explica que a Física experimental nos fornece as leis e, ao fazê-lo, estas são obtidas em conjunto, cabendo ao cientista agrupá-las a partir de determinados laços de parentescos. Esse trabalho de agrupamento que o cientista faz às vezes possui causas acidentais e analogias que podem ser superficiais. Podemos citar o exemplo de Newton que uniu as “leis da dispersão da luz que atravessa um prisma e as leis das cores que adornam uma bolha de sabão” simplesmente baseado nas cores brilhantes existentes nesses dois fenômenos⁷¹. Porém, a teoria ao condensar apenas um pequeno número de princípios a partir da reunião de algumas leis experimentais em determinados grupos ao passo que outras são agrupadas com base em critérios diferentes, fornece uma ordem e uma classificação que é *útil* e indispensável ao exercício científico, como afirma Duhem, a classificação fornece “o sumário e os títulos dos capítulos sob os quais a ciência a ser estudada vai ser metodicamente dividida e aponta leis que devem ser alocadas em cada um dos capítulos”⁷². Mas essa classificação não é meramente artificial. Vejamos mais a frente.

A classificação desses conhecimentos é útil para uma fácil aplicação e correto uso das leis experimentais. Imaginamos uma maleta de ferramentas organizadas em conformidade com a utilidade de cada peça, onde o trabalhador pode ter acesso fácil e rápido a cada uma delas sem confusões que possam atrapalhar ou retardar o seu trabalho. Dessa mesma forma, é graças a teoria que o físico “encontra com certeza, sem omitir nada de útil e sem empregar nada de supérfluo, as leis que podem servir para a resolução de um dado problema”⁷³.

É especialmente interessante mencionar o atributo estético que Duhem aponta a esse mecanismo das teorias físicas. Para ele, a teoria não se torna apenas mais útil e de fácil manipulação quando ela apresenta uma economia e uma classificação, além disso, ela se torna ainda mais bela. Para ele é raro não se impressionar com tamanha beleza dessa obra de arte que é a teoria física como criação do espírito humano ao observar o desenvolvimento da mesma desde a sua origem até a sua utilização. Isso é o que Duhem chama de “*emoção estética*”.

Mas, retornando ao nosso objetivo, porque mencionamos que a teoria tende a ser uma classificação natural e não artificial? Segundo Duhem, essa emoção estética nos leva a crer que além de a teoria ter alcançado um grau de perfeição ela nos faz enxergar nela mesma uma classificação que não tem como ser artificial, e sim natural. Assim como o naturalista, Duhem

⁷¹ DUHEM, 2014, p. 50.

⁷² DUHEM, 2014, p.50.

⁷³ DUHEM, 2014, p. 51.

entende por classificação natural o conjunto de operações intelectuais que estabelecem *ligações ideais* entre noções abstratas e as coisas concretas a que correspondem tais noções.

Da mesma forma que o naturalista estabelece racionalmente conexões entre os conceitos abstratos e essas conexões correspondem às relações reais dos seres que se pretende classificar, o físico também “estabelece conexões entre os fenômenos observados e passa a classificar as leis experimentais, simbolizadas por um sistema de proposições matemáticas, ele estabelece um tipo de imagem da verdadeira ordem das realidades que nos escapam, das afinidades reais entre as coisas”⁷⁴.

Como já expomos que a teoria não fornece jamais uma explicação das leis experimentais por não ter a capacidade de abarcar a realidade das coisas, então, por inferência, se seguirmos o mesmo raciocínio, chegaremos à ideia de que a teoria não consegue explicar essas *ligações ideais* sobre as quais Duhem se refere. Embora o físico não possa explicar a sua convicção em uma classificação natural das leis, como afirma Duhem, porque o método da física diz respeito apenas ao observável, ele também não pode mostrar que essa é uma classificação artificial. É por um *ato de fé* que o físico assegura a sua crença em uma classificação natural.

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 uma 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. Sentimos que os agrupamentos estabelecidos pela nossa teoria correspondem às afinidades reais entre as próprias coisas, embora não pretendamos explicar a realidade que se esconde sob os fenômenos dos quais agrupamos as leis⁷⁵.

Portanto, Duhem nos traz uma constatação interessante dentro de sua epistemologia: *por trás de uma ordem lógica na qual a teoria organiza suas leis existe um reflexo de uma ordem ontológica*. E como o método da física é incapaz de justificar tal afirmação, resta ao físico um puro “ato de fé” que pode ser melhor aceito se aplicarmos o seguinte pensamento de Pascal resgatado por Duhem: “nós temos uma impotência para a prova que não pode ser vencida por nenhum dogmatismo. Temos uma ideia da verdade que não se rende a nenhum

⁷⁴ OLIVEIRA, 2009, p. 29.

⁷⁵ DUHEM, 2014, p. 53.

pirronismo”⁷⁶. Essa contrariedade que aparece no espírito humano quanto às suas atitudes em relação à verdade é quase uma condição necessária a todo físico que se propõe a investigar a natureza das teorias físicas. Por maior que seja a impotência da razão, Pascal reconhece, assim como Duhem⁷⁷, que “existem razões do coração que a própria razão desconhece”. Assim, o físico, impotente em sua capacidade de justificar a classificação natural das teorias, firma a sua fé “em uma ordem real da qual, a cada dia, suas teorias são uma imagem mais clara e mais fiel”⁷⁸.

Partindo da convicção de que a classificação não é um sistema artificial, mas natural, o físico não saberia dar conta de tal justificativa, uma vez que o método que ele tem à sua disposição se limita aos dados da observação; logo, não pode provar que a ordem estabelecida entre as leis experimentais reflete uma ordem que transcende a experiência. Quando Duhem propõe a existência de uma ordem transcendente, ele se aproxima, metafisicamente, da visão realista dos fenômenos, em contraposição com a atitude convencionalista. É dessa forma que, entre os estudiosos de sua obra, não encontramos um consenso no que diz respeito a sua posição filosófica sobre a ciência. É possível encontrar ainda interpretações antagônicas entre esses especialistas. Se analisarmos certo ponto de sua obra, teremos razões suficientes para acreditar que Duhem é um realista; em contrapartida, ao analisarmos outro ponto, ambos separados da totalidade da obra, poderíamos acreditar ser ele um instrumentalista/antirrealista.⁷⁹

Oliveira⁸⁰, em seu artigo sobre a classificação natural em Duhem, nos mostra que tal concepção é a porta de entrada da filosofia duhemiana e que pode ser tomada como um parâmetro das interpretações do seu pensamento. Ela nos apresenta autores que defendem uma visão antirrealista do pensamento duhemiano, como Karl Popper (1934); outros que defendem a visão realista, como Mariconda⁸¹ e Worrall⁸²; e ainda outra interpretação de que o

⁷⁶ DUHEM, 2014, p. 54.

⁷⁷ Duhem foi, manifestamente, leitor das obras de Pascal - isso se manifesta pela recorrente referência à Pascal em seus escritos.

⁷⁸ DUHEM, 2014, p. 54.

⁷⁹ Cf. OLIVEIRA. 2009

⁸⁰ OLIVEIRA, A. *Classificação natural: a meta da teoria física para Pierre Duhem*. Artigo publicado no Caderno UFS Filosofia, n. 6, 2009

⁸¹ MARICONDA, P. R. A teoria da ciência em Pierre Duhem. Tese de doutorado - USP, 1985.

⁸² WORRALL, J. Scientific Realism and Scientific Change. In: *The Philosophical Quarterly*, V. 32, nº 128, 1982, p. 201-231.

pensamento de Duhem pertence a uma classe de ‘realismo motivacional’, como é o caso da visão de Darling⁸³.

O problema sobre como classificar a filosofia da ciência de Pierre Duhem está longe de ser resolvido diante da complexidade do seu projeto que ao mesmo tempo é científico, filosófico e histórico. Não nos propomos a resolver tal problema, pois ele foge do objetivo central dessa pesquisa. Embora julgamos ser de extrema importância a sua análise, nos limitaremos apenas a indicar algumas das suas interpretações. Além das que foram citadas acima, acrescentamos ainda a leitura positivista de Alfredo Marcos⁸⁴; o texto de Zahar⁸⁵ defendendo um tipo de realismo dito ‘realismo estrutural’; e, diante das controvérsias dos diferentes tipos de realismo atribuídos à Duhem, Awesso⁸⁶ ainda propõe outro tipo de realismo chamado ‘realismo emergente’.

Apesar de Duhem ser incisivo em sua posição anti-essencialista, no sentido de que o método e o objeto da ciência Física não pretendem alcançar a essência mesma da matéria, esses autores defensores da interpretação realista mostram que o pensamento epistemológico de Duhem não é fundamentalmente oposto a certa forma de realismo. Tal interpretação é fundamentada pela noção de classificação natural tal como vimos nesse tópico.

1.3 O papel da matemática na construção da teoria física

Não encontramos nas obras filosóficas de Duhem nenhuma análise mais precisa do processo de matematização da física, mas, apesar disso, acreditamos ser relevante deixarmos algumas considerações sobre o papel da matemática na construção da teoria física, uma vez que ela é um atributo essencial dessa noção para o nosso autor. Duhem defende que a *ciência dos números*, a Aritmética (incluindo a Álgebra como o seu prolongamento) é a única ciência

⁸³ DARLING, K. M. Motivational Realism: The Natural Classification for Pierre Duhem. *Philosophy of Science*, 70, 2003, p. 1125-1136.

⁸⁴ CF. MARCOS, 2005.

⁸⁵ ZAHAR, Atomisme et réalisme structural, *Philosophie des sciences*, pp. 383-414, Paris, Vrin, 2004.

⁸⁶ AWESSO, J, Le réalisme émergent de Pierre Duhem comme expression d’une philosophie de la nature. Article à paraître dans la Revue des Questions Scientifiques. Fevereiro, 2012. Endereço eletrônico: <http://www.ocrement.com/Abalo/pdf/1e%20-realisme-emergent.pdf>

onde a lógica é capaz de alcançar tamanha perfeição em que o erro é facilmente evitado e facilmente capaz de ser reconhecido. O fato de as teorias físicas se exprimirem em linguagem matemática dá a elas o estatuto de *teorias que mais se aproximam da perfeição*, segundo Duhem.

Mas de que forma é possível que as noções físicas se figurem por números? *Sob qual condição um atributo físico pode ser figurado por um símbolo numérico?* Para entendermos essa questão, precisamos voltar um pouco no pensamento duhemiano e seguir os passos que, segundo o autor, os físicos dão na elaboração de suas teorias. No segundo capítulo de *A Teoria Física*, Duhem expõe as quatro operações pelas quais se forma uma teoria física. Os quatro passos podem ser descritos, resumidamente, da seguinte forma:

i) O primeiro passo é a definição e a medida das grandezas físicas. O cientista estabelece quais as noções físicas estão assentadas as leis que ele quer representar com a sua teoria e, dessas noções ele faz corresponder uma grandeza algébrica ou geométrica. “Por meio de métodos de medidas apropriados, fazemos com elas (as propriedades físicas) correspondam a símbolos matemáticos, números e grandezas”⁸⁷.

ii) O segundo é a escolha das hipóteses. Entre as diversas grandezas que são representadas matematicamente (i) o cientista propõe um dado número de relações, a qual Duhem chama de hipóteses. Essas hipóteses serão tomadas como princípios para as deduções da teoria.

iii) O terceiro é o desenvolvimento lógico das consequências das hipóteses ou princípios. O cientista está na fase do desenvolvimento matemático das teorias, onde as hipóteses são combinadas a partir de regras matemáticas. “As exigências da lógica algébrica serão as únicas que o teórico se sentirá obrigado a satisfazer no curso de seu desenvolvimento” e a única coisa que se pode exigir dele “é que seus silogismos sejam concludentes e seus cálculos, exatos.”⁸⁸

iv) O último passo é o da comparação da teoria com a experiência. As consequências que são derivadas das hipóteses são verificadas pela experiência. Se as consequências da teoria são confirmadas pela experiência, se elas concordam com as leis, então a teoria é *boa*. Se, ao contrário, está em contradição com as leis, então a teoria é considerada inadequada.

⁸⁷ DUHEM, 2014, p. 46.

⁸⁸ DUHEM, 2014, p. 47.

Em síntese, encontramos nas palavras de Duhem essas quatro operações no interior da seguinte definição de teoria física:

Uma teoria física é uma representação sistemática de um conjunto de leis experimentais. Ela toma como ponto de partida hipóteses escolhidas de maneira a representar algumas dessas leis. Ela as combina por meio do raciocínio matemático para delas extrair conclusões que ela submete ao controle da experiência⁸⁹.

É evidente que Duhem tomará minuciosamente cada uma dessas operações no desenvolvimento da sua grande obra *A teoria física*, contudo, queremos apenas apresentar um quadro geral em que possamos encontrar, desde já, o lugar e a importância que a matemática e a experiência ocupam na trajetória da construção da teoria física⁹⁰.

A experiência fornece, portanto, a matéria das definições e hipóteses sobre as quais repousa toda teoria. Todo resultado da teoria deve ser uma lei da experiência. A análise matemática deve ser o instrumento que emprega a matéria para dela extrair os resultados. Essa regra muito simples fixa as relações que o método matemático e o método experimental devem guardar entre si na construção de uma teoria⁹¹.

Nessa trajetória, a relação entre o método matemático e o método experimental deve estar assentada em uma justa medida, não sobrecarregando o papel de um e nem do outro. Apesar de ter existido um momento na história da ciência em que os físicos não reconheceram a utilidade da matemática no estudo da física e no seu ensino e que, portanto, admitiram o estudo dessa ciência unicamente por meio do método experimental, esses mesmos físicos, em algum momento fizeram uso de alguns ramos das matemáticas. Duhem se refere aos químicos e historiadores naturais que desviam os seus trabalhos do estudo teórico dos fenômenos físicos.

Para Duhem, ciência experimental não é apenas o estudo do fato bruto e a transmissão deste para os demais. O fato, sozinho, não pode ser ensinado, transmitido e reproduzido. Para os físicos que acreditam que o emprego da matemática é completamente dispensável, Duhem atribui uma atitude ilógica, uma vez que as matemáticas são instrumentos valiosos e

⁸⁹ DUHEM., 1989a, p. 33.

⁹⁰ Tal reflexão duhemiana acerca dessa relação estava já presente no primeiro artigo filosófico publicado em 1892.

⁹¹ DUHEM, 1989a, p.33.

necessários para a construção de toda e qualquer teoria física. Entretanto, vale ressaltar, que elas são apenas o meio e não o fim.

Dessa forma, todo físico deve ser capaz de empregar adequadamente todas as peças do sistema matemático, independente do grau de complexidade que se exige, ele não deve jamais se esquivar das possíveis complicações de raciocínio que possam surgir a fim de se esconder no trabalho da pura observação.

Os gênios dos séculos XVI e XVII reconheceram o que Duhem chamou de “a grande verdade da história da física”:

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 a 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*⁹². (grifo do autor)

Portanto, toda física teórica é uma física matemática que, isenta de ‘perpétuas e estéreis’ querelas de ordem metafísica, ascende ao estatuto de ciência universal. Colocamos no início desse tópico as quatro operações pelas quais passam todos os físicos no momento de elaboração das teorias, e vimos que o ponto de partida é a definição das grandezas físicas das quais devem derivar as equações fundamentais da teoria. A análise matemática, portanto, é parte integrante e necessária desse processo. Ela ‘demonstrará com o máximo rigor, os teoremas que enunciam as propriedades gerais e delimitará exatamente o alcance delas’⁹³. A análise matemática estará presente até mesmo no momento das experiências de controle para justificá-las ou determinar os métodos de medidas utilizados.

O grau de relevância do papel da matemática é um destaque no projeto duhemiano de unificação da ciência bem como no seu pioneirismo na axiomatização da Termodinâmica. Ao propor livrar a Termodinâmica de uma formulação baseada nos princípios da mecânica clássica, Duhem quis demonstrar os teoremas da Termodinâmica considerando-os não como conjecturas sobre a sua natureza, mas como axiomas. Como afirma Souza Filho, essa caracterização da estrutura da teoria perfeita como uma “teoria única” composta por um “certo número de hipóteses fundamentais”, representa o ideal duhemiano de unificação da

⁹² DUHEM, 2014, p. 142

⁹³ DUHEM, 1989a, p. 35

teoria física mediante a construção de um sistema dedutivo de proposições matemáticas, ordenadas coerentemente⁹⁴. Dessa forma, o projeto científico duhemiano tem um evidente caráter axiomático não apenas no que diz respeito ao estudo dos fundamentos como também em questões relativas a toda extensão da Energética⁹⁵. Logo, segundo a definição de Duhem, a teoria se aproxima do que se chama *sistema axiomático*, que pode ser entendido como um sistema que parte de axiomas poucos numerosos e claramente formulados, para deduzir um conjunto de consequências empíricas.

A autora Paula⁹⁶, em seu estudo sobre o significado do termo *axioma* desde Platão até a modernidade, mostra que até o século XIX esse termo era tomado como antônimo de *hipótese*, mas na contemporaneidade ele deixa de ser antônimo e passa a ser sinônimo desse conceito. A razão dessa mudança de sentido está nas relações da matemática com a filosofia, a linguagem e a educação, que sofreram também modificações ao longo da história. O conceito virou de cabeça para baixo no momento em que a matemática e a filosofia se aproximaram, mas essa mudança de significado é mais clara a partir da relação entre linguagem e matemática, que passou do sentido “descritivo-contemplativo” para “operativo-instrumental”.

Para se alcançar o objetivo de tornar a ciência neutra de qualquer sistema metafísico, ela deve se tornar formal (matemática), ‘isso implica que os *axiomas* sejam hipóteses formais’.⁹⁷ É exatamente essa a proposta duhemiana para a ciência: a teoria física objetiva ser uma representação matemática descritiva e, esquivando-se de qualquer discussão metafísica, ela adquire o caráter de objetividade inerente à ciência matemática. A axiomatização de qualquer área possibilita que a objetividade do conhecimento definitivamente se desloque dos fundamentos de uma teoria para suas aplicações, afirma Paula⁹⁸.

1.4- A experiência em física: sobre a relação entre teoria e experiência

⁹⁴ SOUZA FILHO, 1998, p. 14.

⁹⁵ SOUZA FILHO, 1998, p. 18.

⁹⁶ PAULA, J. B. *O Termo Axioma no Tempo Considerando a Relação entre a Filosofia e Matemática Alicerçada no Pensamento sobre Complementaridade “Otteano”*. Tese de Doutorado. Cuiabá: Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, 2014.

⁹⁷ PAULA, 2014, p. 44.

⁹⁸ PAULA, 2014, p. 46-47.

No texto “*Teorias do método científico de Platão a Mach*”⁹⁹, de Larry Laudan, encontramos uma tese que admite a existência de uma autonomia em relação a história da ciência e a filosofia da ciência e que, se há algum tipo de interdependência entre os dois ramos de conhecimento, esta interdependência diz respeito ao interesse comum no estudo das teorias do método científico. Tanto os historiadores quanto os filósofos da ciência em algum momento de suas investigações se preocuparam e não ignoraram as questões relativas ao método científico, sobretudo se tais estudiosos eram também cientistas.

Com certo grau de razoabilidade, a tese de Laudan recai sobre o sistema duhemiano, uma vez que os interesses do Duhem historiador e do filósofo Duhem convergem, entre outras coisas, para o estudo do método científico. As maiores considerações duhemianas acerca do método da ciência experimental foram desenvolvidas inicialmente em seu ensaio filosófico *Algumas reflexões acerca da física experimental*¹⁰⁰, cujas ideias tiveram um forte impacto na comunidade científica francesa da época (C. Milhaud, 1896; Édouard Le Roy, 1899-1900; É Wilbois, 1899)¹⁰¹, tendo ultrapassado inclusive a análise e aplicação do campo da física. Tais ideias foram incorporadas posteriormente na segunda parte da “*A Teoria Física*”, e se configuram como críticas aos métodos científicos vigentes na época, declaradamente, o método indutivo-mecanicista.

Segundo Duhem, a ciência Física, como foi mostrada, tem como método derivar previsões empíricas das teorias e compará-las com a observação. Vemos uma estreita relação entre teoria e experiência em todo o conjunto de ideias duhemianas acerca da natureza e método da física. Mas essa relação, embora seja estreita, é também frágil. Explicaremos melhor o motivo da atribuição de tais adjetivos.

No capítulo seis de “*A teoria física*”, intitulado “*A teoria física e a experiência*”, Duhem inicia a sua reflexão sobre a referida relação com o seguinte enunciado:

Nenhuma teoria física tem outro propósito além de fornecer uma representação e uma classificação das leis experimentais. O único teste que permite julgar uma teoria física, para declará-la boa ou ruim, é a comparação

⁹⁹ LAUDAN, P. *Teorias do método científico de Platão a Mach*. Trad. de Balthazar Barbosa Filho, *Caderno de História e Filosofia da Ciência*, Campinas, Série 3, v. 10, n. 2, p. 9-140, jul.-dez. 2000.

¹⁰⁰ Este ensaio foi publicado com o título “*Quelques Réflexions au sujet de la Physique Experimentale*”, *Revue des Questions Scientifiques*, XXXVI, p. 179-229, no ano de 1884, e traduzido por Nivaldo de Carvalho. Tradução publicada em *Ciência e Filosofia*, São Paulo, (4):87-118, 1989.

¹⁰¹ Nota de rodapé da primeira página do capítulo quatro, “*A experiência em física*”, da obra *A Teoria Física*.

entre os efeitos dessa teoria e as leis experimentais que ela deve representar¹⁰².

Assim sendo, podemos perguntar quais são os princípios que regem essa comparação entre a teoria e a experiência? Em sua reflexão sobre o tema, Duhem toma as ideias epistemológicas mais gerais acerca das ciências experimentais que estavam mais ‘perto da sua origem’, assim, ele fala especialmente da Fisiologia. Ele se refere às ciências que ainda não usufruíam dos instrumentos matemáticos e simbólicos, os cientistas não faziam uso de teorias admitidas previamente em seus experimentos, e, portanto, raciocinavam diretamente sobre os fatos. A referência utilizada por Duhem são as ideias do fisiologista Claude Bernard¹⁰³.

Nessas ciências as regras para o que se refere ao controle experimental eram substancialmente mais simples que em física. No momento da experiência, a teoria deveria ficar fora do laboratório e o cientista deveria fazer um relato fiel do que foi observado. Essa descrição fiel não deve vir acompanhada de nenhuma impregnação teórica, ela “não deve nos deixar sequer adivinhar o sistema em que o pesquisador confia e aquele de que ele desconfia”. Nestes casos, o princípio que deve guiar o método experimental é a liberdade do espírito do pesquisador, que deve estar apoiada não apenas em condições intelectuais, mas, acima de tudo, morais.

O método experimental empregado da forma como descrevemos anteriormente é impossível de ser praticado quando se tem uma teoria da física submetida ao controle experiência. Contrariamente ao que Claude Bernard afirma ser o método experimental no caso da Fisiologia, em Física o cientista não pode deixar na porta do laboratório a teoria que ele pretende testar. Essa afirmação se evidencia por vários motivos: porque sem a teoria é impossível sequer definir os instrumentos a serem utilizados; porque não seria possível fazer nenhuma interpretação dos fatos observados, porque até mesmo a comunicação sobre o experimento fica confusa sem a teoria para expressá-la.

Segundo Duhem, todo físico tem diante de si dois instrumentos necessários para a realização do experimento e um não tem razão de ser sem a presença do outro: o *aparelho concreto* que são todos os aparatos físicos que ele manipula e o *aparelho esquemático e abstrato* sobre o qual ele raciocina.

¹⁰² DUHEM, 2014, p. 221.

¹⁰³ DUHEM, 2014, p. 222-225. (Em uma nota de rodapé Duhem coloca a seguinte referência: Claude Bernard. *Introdução à Medicina experimental*. Paris, 1865, p. 63-67.)

Essas duas ideias são ideias indissociáveis em sua inteligência, cada uma delas exigindo necessariamente a outra. O físico não pode mais conceber o aparelho concreto sem associá-lo ao conceito do aparelho esquemático, da mesma forma que um francês não pode conceber uma ideia sem associá-la às palavras francesas que a expressam¹⁰⁴.

Essa associação necessária entre a teoria e o experimento se faz presente também, mesmo que implicitamente, em todas as outras ciências empíricas, como a Química e a Fisiologia, afirma o filósofo francês. Todas essas outras ciências em algum momento utilizam instrumentos próprios da Física e, para tanto, essa escolha não se dá sem justificção, eles precisam recorrer às teorias para justificar o uso de tais instrumentos. Essas teorias, por sua vez, não apenas justificam o uso dos aparatos da física como também dão sentido a eles e ao experimento. Portanto, tanto para o físico, como para o químico, o fisiologista ou qualquer cientista experimental, sempre irá existir a adesão a um conjunto de teorias previamente concebidas uma vez que “a declaração do resultado de uma experiência geralmente envolve um ato de fé em todo um conjunto de teorias”¹⁰⁵.

De todos esses argumentos, concluímos que a primeira tese defendida por Duhem no que diz respeito à física experimental é a tese da *impregnação teórica da observação*. Para Duhem, uma experiência da física não é simplesmente a observação de um fenômeno, ela é, além disso, a interpretação teórica desse fenômeno. A definição segundo a qual uma experiência da física consiste em “produzir um fenômeno físico dentro de condições tais que se possa observá-lo exata e minuciosamente, com o auxílio de instrumentos associados”¹⁰⁶ comporta duas fases muito distintas, afirma Duhem. A primeira é a observação, a simples observação que qualquer um pode fazer desde que tenha os sentidos em bom funcionamento. Para isso não é necessário ser físico. Porém, Steven French coloca muito bem a seguinte observação:

O que você “vê” (isto é, as experiências perceptivas que você tem) não é determinado só pela imagem na retina; isso também depende da sua experiência, do seu conhecimento, das suas expectativas, das suas crenças, das suas pressuposições teóricas, etc., que o ajudam a selecionar o que é relevante, o que é real, o que é um artefato e assim por diante. Em segundo lugar, o papel dos *instrumentos* na observação é crucial. Esse talvez seja um

¹⁰⁴ DUHEM, 2014, p. 224.

¹⁰⁵ DUHEM, 2014, p. 225.

¹⁰⁶ DUHEM, 1989b, p. 87.

ponto óbvio, mas muitas vezes é negligenciado em certas discussões filosóficas¹⁰⁷. (grifo nosso)

A importância do papel dos *instrumentos* no momento da observação, como French coloca, coaduna com a segunda fase da observação como defendeu Duhem. A segunda fase é a interpretação do que foi observado. Para fazer tal interpretação é necessário ser físico, pois além da exigência de conhecer as teorias admitidas, é necessário também saber manipular os instrumentos, sendo estes teóricos e físicos. Assim sendo, no momento de registrar os resultados da observação, o físico não registra fatos, ele registra abstrações, como dissemos anteriormente.

Usaremos o exemplo da experiência de Regnault sobre o estudo da compressibilidade dos gases. Certa quantidade de gases é colocada em um tubo de vidro e sob uma temperatura constante é medida a pressão que o gás suporta e o volume que ele ocupa. Então, os fatos se produzem. O que Regnault relata dessa observação não é a simples descrição dos fatos, como a movimentação do mercúrio até certa marca do termômetro. O físico registra o grau da temperatura ou o volume que o gás ocupa em determinada circunstância. Este foi apenas um exemplo simplório para mostrar que o valor do volume ocupado pelo gás ou grau de temperatura ao qual ele é levado não são fatos, são abstrações. Como afirma Duhem,

Assim, quando Regnault faz uma experiência, ele tem fatos diante dos olhos e observa fenômenos; mas o que nos transmite dessa experiência, não é o relato dos fatos observados, mas dados abstratos que as teorias admitidas lhe permitiam substituir pelos documentos concretos que ele realmente recolhia¹⁰⁸.

Para comunicar esses dados abstratos o físico deve fazer apelo às noções abstratas da geometria e aritmética; das noções de massa, temperatura e pressão; das leis matemáticas da hidrostática e das mecânicas entre outras noções igualmente complexas, mas completamente indispensáveis a toda física experimental. Assim, em uma palavra, podemos concluir:

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.¹⁰⁹(grifo do autor)

¹⁰⁷ FRENCH, 2009, p. 75.

¹⁰⁸ DUHEM, 1989b, p. 88.

¹⁰⁹ DUHEM, 1989b, p. 89.

Segundo o físico e matemático francês, Roland Omnès, há pelo menos duas maneiras de conceber essa interpretação:

A primeira toma como base o quinhão comum à humanidade, sua representação do mundo repleta de fatos, seu bom senso milenar. Nisso ela separa o que é compatível com as descobertas da física, depura os conceitos, limita seu campo e fala, por fim, do mundo, com uma prudência de gato. Outra concepção da interpretação consistiria em considerá-la como um ramo particular da física teórica. Partir-se-ia dos princípios estabelecidos e se mostraria como deles surgem, por demonstração matemática, todas as características da representação clássica e do senso comum, para os objetos suficientemente grandes para estarem na nossa escala. Este é o caminho mais recente¹¹⁰.

O relato do mundo a partir do senso comum e o relato do mundo do ponto de vista do cientista são separados por uma linha que é a capacidade do físico de interpretar e representar (com a ajuda das teorias e da matemática) os fatos observados. Portanto, Duhem explica de forma clara que a interpretação dos fatos por meio das teorias pré-admitidas pelo observador é parte essencial do método experimental, e que o resultado das operações no interior desse método não é a constatação de fatos concretos, mas um enunciado estabelecido pela correspondência de certas noções abstratas e simbólicas com os dados observados. Essas noções abstratas e simbólicas são estabelecidas, como já foi dito, somente por meio das teorias e, portanto, é o que faz as experiências da física serem distintas das experiências do senso comum. Os meios empregados pelo experimentador no momento dessa interpretação dos fenômenos observados se caracterizam por uma elaboração intelectual muito complexa cuja importância se mostra não apenas através dos resultados obtidos, mas como uma completa distinção entre a ciência física e o conhecimento vulgar.

Encontramos em *La théorie physique* essa distinção entre conhecimento científico e conhecimento vulgar como consequência da seguinte asserção duhemiana: a experiência da física formula leis *provisórias* e *aproximadas*. Nós vimos que para Duhem o experimento é a observação dos fenômenos acompanhada da interpretação dos mesmos. Essa interpretação teórica possui um papel especial, pois é ela quem transforma os dados concretos pelas representações abstratas e simbólicas. As leis da física, por sua vez, são fundadas sobre os

¹¹⁰ OMNÈS, 1996, p. 178.

resultados dessas experiências. Embora ocorra nas leis do senso comum abstrações que dão a elas a característica de generalidade, não existem, nessas mesmas leis, a condição necessária de toda leis da física: o caráter simbólico. Se imaginarmos esta lei do senso comum “Todo homem é mortal” podemos perceber que a ideia abstrata de ‘homem’ e ‘mortal’ pode perfeitamente corresponder à ideia concreta de qualquer homem em particular e uma morte real corresponder à ideia abstrata de morte. Neste caso, a passagem do concreto para o abstrato e vice-versa é uma operação necessária que ocorre de forma tão espontânea que é quase irrefletida quando se trata do conhecimento do senso comum. Apesar de que qualquer homem pode escolher mergulhar profundamente nas noções de ‘homem’ e ‘morte’, essa escolha não é necessária para entender a lei geral de que todos os homens são mortais.

Por outro lado, as leis da física são, segundo Duhem, pronunciadas sob a forma de proposições matemáticas tendo sempre o caráter simbólico, dessa forma, tal diferença se coloca como um dos muros que separam uma lei da física de um lado e uma lei do senso comum do outro.

Os termos simbólicos que ligam uma lei da física não são mais essas abstrações que brotam *espontaneamente* da realidade concreta; são abstrações produzidas por um trabalho de análise lento, complicado, consciente, o trabalho secular que elaborou as teorias físicas. É impossível entender a lei, é impossível aplicá-la, se não se faz esse trabalho, se não se conhecem as teorias físicas¹¹¹. (grifo nosso)

As noções que as leis da Física enunciam, como as ideias de pressão e temperatura, por exemplo, não são apenas ideias abstratas, mas também simbólicas, e esse simbolismo ganha sentido apenas através do uso das teorias físicas. Ou seja, para Duhem, uma lei da física é uma relação simbólica cuja aplicação à realidade concreta exige que se conheça e que se aceite todo um conjunto de teorias¹¹². Vejamos um exemplo.

Coloquemo-nos diante de um caso real, concreto, a que queremos aplicar a lei de Mariotte: não lidaremos com uma certa temperatura realizando a ideia geral de temperatura, mas com um gás mais quente ou menos quente; não teremos diante de nós uma pressão particular realizando a ideia geral de pressão, mas uma determinada bomba sobre a qual fizemos pesar de uma determinada maneira. Sem dúvida, a esse gás mais ou menos quente corresponde uma determinada temperatura, a essa força exercida sobre a bomba corresponde uma certa pressão, mas essa correspondência é aquela

¹¹¹ DUHEM, 2014, p. 207.

¹¹² DUHEM, 2014, p. 208.

entre uma coisa significada e o signo que a substitui, entre uma realidade e o símbolo que a representa¹¹³.

Mas Duhem argumenta que essa correspondência entre uma realidade e o símbolo não é estabelecida de forma imediata. É um processo que leva em conta o uso de instrumentos, como o termômetro e o manômetro, no caso de medir a temperatura e a pressão necessária como supracitado na lei de Mariotte e, além disso, o uso de tais instrumentos implica a utilização de teorias físicas.

Disso resulta que, a depender da teoria adotada por um físico ou por outro, as palavras que aparecem nos enunciados de uma lei da física podem tomar um sentido diferente para ambos de modo que a mesma lei pode ser aceita por um e rejeitada por outro¹¹⁴.

Tomemos dois físicos que não admitem as mesmas teorias mecânicas, não definem a pressão da mesma maneira; um, por exemplo, aceita as ideias de Lagrange, o outro adota as ideias de Laplace e Poisson. Submetamos a esses dois físicos uma lei cujo enunciado faz intervir a noção de pressão. Eles entenderão esses enunciados de duas maneiras diferentes. Para compará-lo à realidade, eles farão cálculos diferentes, de sorte que um poderá achar que essa lei é verificada pelos fatos que, para o outro, os contradirão¹¹⁵.

Assim, podemos concluir que, para Duhem, uma lei da física não pode ser verdadeira nem falsa, mas aproximada, e, portanto, provisória, pois “um símbolo, propriamente falando, não é nem verdadeiro e nem falso; é mais ou menos bem escolhido para significar a realidade que ele representa; ele a figura de uma maneira mais ou menos precisa, mais ou menos detalhada”¹¹⁶. Sendo assim, as palavras “verdadeiro” e “falso” perdem sentido quando aplicadas aos símbolos matemáticos dos quais a teoria física se apropria. Por isso, do ponto de vista lógico, dizer que uma lei da física é verdadeira ou falsa implica em uma falácia.

Se para cada fato dado o método experimental faz corresponder não um juízo simbólico, mas um *conjunto* de juízos simbólicos, então “o grau de indeterminação do símbolo é o grau de aproximação da experiência em questão”. Quando Duhem afirma que as leis da física são aproximadas ele pretende declarar que para um mesmo conjunto de fatos os físicos podem fazer corresponder uma variedade de leis físicas distintas. É sempre possível que isso aconteça e, nesses casos, o físico pode escolher qual das leis físicas disponíveis será a

¹¹³ DUHEM, 2014, p. 206.

¹¹⁴ DUHEM, 2014, p. 207.

¹¹⁵ DUHEM, 1989b, p110.

¹¹⁶ DUHEM, 2014, p. 209.

mais aceitável para corresponder a determinado dado. Essa escolha pode ser guiada por várias razões distintas: se ela é a mais simples entre todas ou se a lei é derivada das teorias que o físico admite pessoalmente, por exemplo. Assim, conclui Duhem, “toda lei que representa as mesmas experiências com a mesma aproximação pode pretender tão justamente quanto a primeira, o título de lei verídica, ou de modo mais rigoroso, de lei aceitável”¹¹⁷.

Se as leis da física são aproximadas e provisórias, podemos nos perguntar: mas o estatuto de ‘fixidez’ não é inerente à noção de Lei? Segundo Duhem, a resposta é *sim* no caso das leis do senso comum e *não* no caso das leis da física. A respeito das primeiras, podemos dizer com o real sentido da palavra que elas são *verdadeiras* hoje e que continuarão sendo amanhã. No segundo caso a única coisa que podemos dizer é que:

(A lei da física) É provisória, pois representa os fatos a que se aplica com uma aproximação que os físicos atualmente consideram suficiente, mas que deixará um dia de satisfazê-los. Tal lei é sempre relativa, não porque seja verdadeira para um físico e falsa para outro, mas porque a aproximação que ela comporta é suficiente para o uso que dela quer fazer o primeiro físico e não ao uso que dela quer fazer o segundo¹¹⁸.

A natureza provisória das leis da física esteve sempre presente na história da ciência. Podemos entender que o grau de aproximação de uma experiência não é estável, ele progride quando progredem também os instrumentos utilizados. A própria indeterminação do símbolo abstrato diminui à medida que acontecem esses progressos fazendo com que os símbolos passem a representar os dados concretos com mais precisão.

Qualquer lei física, sendo uma lei aproximada, está sujeita a um progresso que, com o aumento da precisão das experiências, tornará insuficiente o grau de aproximação que comporta essa lei. Ela é essencialmente provisória. A apreciação de seu valor varia de um físico para o outro, de acordo com os meios de observação de que dispõem e da precisão exigida por suas pesquisas. Ela é essencialmente relativa¹¹⁹.

Sendo assim, para Duhem, o modo como progride a ciência física se deve também ao fato de que ela não apresenta leis definitivas e indiscutíveis, mas leis provisórias que podem ser substituídas por outras mais adequadas que a anterior. É através dos desacordos que surgem entre a realidade e a teoria, atrelados a possibilidade que os físicos têm de fazer

¹¹⁷ DUHEM, 2014, p. 212.

¹¹⁸ DUHEM, 2014, p. 212.

¹¹⁹ DUHEM, 2014, p. 214.

modificações em suas teorias para que elas toquem o mais próximo possível a realidade, que vemos a ciência progredir.

Como vimos, no interior da própria definição de experimento Duhem afirma que não existe observação crua dos fatos, sem ideias preconcebidas pelo físico, toda observação é guiada por um *conjunto* de pressupostos teóricos. Dessa forma, temos uma consequência imediata da relação teoria-experimento que nos lança para a tese holista de Duhem: “uma experiência em física nunca pode condenar uma hipótese isolada, mas somente todo um conjunto teórico”¹²⁰. No tópico seguinte, apresentaremos esse caráter global do controle experimental que se configura como o mais importante pilar do holismo duhemiano.

1.5 - Apresentação da tese holista: o caráter global do controle experimental

Em 1894, com o ensaio *Algumas reflexões sobre a física experimental*, Pierre Duhem apresenta a sua análise do método experimental e, com ela, sua visão holista da ciência. A sua concepção metodológica da ciência dá origem e fundamenta seu holismo epistemológico, cujos aspectos podem ser enunciados das seguintes maneiras:

- (a) Nossas teorias enfrentam a experiência de forma conjunta, não isoladamente;
- (b) É impossível o experimento crucial em física para decidir entre duas teorias concorrentes;
- (c) A evidência é insuficiente para determinar a veracidade ou falsidade de uma teoria (tese da subdeterminação).

Duhem apresenta uma imagem da teoria física como um corpo que não pode ser decomposto em partes para sofrer controle experimental. Para ele, o físico nunca sujeita ao controle da experiência uma única hipótese, mas apenas um conjunto de suposições (a) que envolvem a hipótese fundamental juntamente com as hipóteses auxiliares – como hipóteses que justificam a utilização de instrumentos, hipóteses que dão sentido a conceitos abstratos admitidos pela hipótese principal que se quer provar, por exemplo. Nas palavras de Duhem, “um físico que dá conta de uma experiência reconhece implicitamente a exatidão de todo um conjunto de teorias”¹²¹.

¹²⁰ DUHEM, 2014, p. 225.

¹²¹ DUHEM, 1989b, p. 92.

Antes de qualquer coisa, é importante destacarmos uma distinção feita por Duhem a fim de evitar interpretações equivocadas sobre o método experimental: existe uma diferença de natureza entre as experiências de *aplicação* e as experiências de *prova*. As experiências de aplicação dizem respeito aos problemas da física que carecem de soluções práticas. Quando, por exemplo, um físico deseja acender uma lâmpada elétrica incandescente e, para tanto, ele precisa fazer uso de certa teoria para medir a força eletromotriz de uma pilha, tal procedimento é o que se chama experiência *de aplicação*. Tais experiências servem para tirar proveito de teorias já admitidas pela física, e não para verificar a exatidão dessas teorias. Duhem afirma que elas são os meios pelos quais a ciência pode ajudar na prática. As experiências de prova, por sua vez, são o que permite a criação e o desenvolvimento da ciência. É através delas que os físicos testam suas teorias para demonstrar se as previsões deduzidas ocorreram ou não, se a teoria pode ser aceita ou não. Na seguinte descrição de uma experiência de prova nós podemos ver o caráter holista do método experimental.

Um físico se propõe 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 ocorreu, 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*, admitido por ele sem dúvidas. 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 o *arcabouço teórico* de que o físico fez uso. A única coisa que aprendemos com a experiência é que, entre todas as propostas utilizadas para predizer o fenômeno e constatar que ele não ocorreu, 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 faz uso e a validade da sua conclusão é tão grande quanto a validade da sua confiança¹²². (grifo nosso)

Vejamos um exemplo clássico presente na obra *A Teoria Física*: a experiência de Foucault para comparar a velocidade da luz no ar à velocidade da luz na água. O experimento

¹²² DUHEM, 1989b, p. 93. É interessante o fato de que Duhem descreve o físico experimental como aquele que pretende testar uma teoria com o objetivo de refutá-la e não verificá-la. Nesse sentido alguns filósofos da ciência afirmam que Duhem aceitaria até certo ponto a concepção popperiana de falseabilidade no sentido em que os testes empíricos são testes de refutação e que a evidência empírica informa o mundo ao cientista via refutação.

contou contra a teoria da emissão¹²³, afinal essa se demonstrou incompatível com os fatos. A experiência indicou que a velocidade da luz na água é menor que a velocidade da luz no ar. Indicou que foi o *sistema* da emissão e não a *hipótese* da emissão que se mostrou inadequado aos fatos. O sistema é todo o grupo de proposições aceitas por Newton, e depois dele por Laplace e Biot.

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 sabemos¹²⁴. (grifo nosso)

Para Duhem, nenhum pressuposto da física pode ser considerado isoladamente, o método experimental compreende a teoria em conjunto, e sempre que a experiência está em desacordo com as previsões o físico tem apenas a informação de que pelo menos uma é inaceitável, mas a experiência não informa onde reside esta falha. Ele sabe que algo precisa ser alterado, mas não sabe exatamente o quê.

Duhem faz uma analogia com as profissões do relojoeiro e do médico para ilustrar o comportamento do físico diante de um controle experimental. O relojoeiro, para consertar um relógio que não funciona bem, desmonta-o e analisa cada peça separadamente para procurar qual delas está com defeito. O médico, por sua vez, para fazer um diagnóstico em um paciente doente não pode dissecar cada parte do seu corpo a fim de verificar onde está a doença. Ele precisa *adivinhar*, com base na análise dos distúrbios que afetam o corpo inteiro, onde está o problema. É, então, ao médico que o físico se assemelha, e não ao relojoeiro. Podemos identificar, com tal analogia, mais uma evidência da oposição de Duhem à visão mecanicista de mundo, cujo relógio era o seu grande símbolo.

¹²³ A teoria da emissão, ou teoria dos fenômenos óticos, a qual Duhem se refere, é uma das hipóteses sobre a natureza da luz, defendida por Isaac Newton, no século XVII. A teoria da emissão 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. Essas são algumas premissas que leva a formular uma teoria completa da reflexão e refração da luz. (Cf DUHEM, 2014, p. 227-228)

¹²⁴ DUHEM, 2014, p 228.

A física não é uma máquina que se deixa desmontar. Não se pode experimentar cada parte separadamente e esperar, para ajustá-la, que sua solidez tenha sido minuciosamente controlada. A ciência física é um sistema que se deve tomar por inteiro. É um organismo que não se pode fazer operar sem que as partes mais remotas desse todo estejam envolvidas, algumas mais, outras menos, mas, em algum grau, todas. Se algo não vai bem, se algum desconforto é revelado em sua operação, é a partir do efeito produzido sobre todo o sistema que o físico tem que *adivinhar* o órgão que precisa ser corrigido ou modificado, sem que seja possível isolar e analisar o órgão separadamente¹²⁵. (grifo nosso)

Para ele, tanto o experimento em si como a interpretação do resultado implica na análise de duas estruturas teóricas relativamente complexas, de tal modo que, no caso da experiência de Foucault, não é a análise do enunciado isolado “A luz é um fluxo de corpúsculos” e do enunciado isolado “A luz é uma onda” que está em questão, mas a análise de estruturas que abarcam em si várias hipóteses auxiliares e, inclusive, hipóteses diferentes que justifiquem o uso dos instrumentos que podem ser também diferentes.

Vejam agora um exemplo de tal argumento simbolicamente. Pelo *Modus Tollens*, que é o argumento pela prova indireta, supomos que uma teoria **T** implica na consequência observacional **O**. Se a observação não se realiza $\sim \mathbf{O}$, então a teoria é falsa $\sim \mathbf{T}$.

Ex:

$$\begin{aligned} & \mathbf{T} \rightarrow \mathbf{O} \\ & \sim \mathbf{O} \\ & \sim \mathbf{T} \end{aligned}$$

No entanto, o *modus tollens*, da forma como colocamos, se torna inaplicável no caso do holismo duhemiano por conta da sua *simplicidade*. Faz-se necessário um argumento um pouco mais complexo que seria da seguinte forma: supomos que uma teoria em conjunto com todas as hipóteses auxiliares (**H** \wedge **As**) implica em uma consequência observacional **O**. Se a observação não se realiza $\sim \mathbf{O}$ significa que houve uma falha no *conjunto* que foi testado $\sim (\mathbf{H} \wedge \mathbf{As})$.

Ex:

$$\begin{aligned} & (\mathbf{H} \wedge \mathbf{As}) \rightarrow \mathbf{O} \\ & \sim \mathbf{O} \\ & \sim (\mathbf{H} \wedge \mathbf{As}) \end{aligned}$$

¹²⁵ DUHEM, 2014, p. 229.

Pela lei de Morgan, os conjuntos abaixo são logicamente equivalentes e podemos entender, assim como afirmou Duhem, que a experiência não indica qual elemento do conjunto estava em contradição com ela, se a hipótese principal *ou* alguma das hipóteses auxiliares.

Ex:

$$\sim (H \wedge A_s) \equiv (\sim H \vee \sim A_s)$$

Dito isso, perguntamos: a experiência de Foucault condena irremediavelmente a teoria da emissão? Não - responderia Duhem - apenas a concepção corpuscular da luz de Newton não se mostrou “adequada” com a experiência de Foucault e nada mais além disso. No século XIX muitos físicos tinham a certeza de que o problema da natureza da luz estava definitivamente resolvido, de modo que a natureza ondulatória da luz passou então a ser considerada como uma verdade incontestável. Mesmo assim, ainda existiam aqueles que iam de encontro com essa crença. Pierre Duhem, considerado um herege por alguns historiadores, ao contestar a possibilidade de experimentos cruciais na física, se opõe também ao experimento que determina a natureza da luz, que pretendia ser um experimento crucial.¹²⁶

O *experimentum crucis* foi uma das várias ideias metodológicas que o ‘filósofo experimental’ Francis Bacon¹²⁷ nos deixou como um legado para os debates epistemológicos da ciência. Bacon cunhou, entre outros termos, o *Instantia crucis*, que posteriormente foi traduzido como ‘experimento crucial’.¹²⁸ Como foi interpretado por uma grande parte dos filósofos da ciência mais tardios, esse experimento conota uma encruzilhada, em que, se se decide seguir por um caminho, então o outro é necessariamente abandonado. Dessa forma, o experimento crucial possui um caráter absolutamente decisivo entre duas teorias concorrentes. Como Hacking ilustra:

A imagem é a seguinte: duas teorias estão em competição, e o teste experimental aparece como aquele elemento singular que favorecia apenas uma das duas. Mesmo quando a verdade da teoria vitoriosa não pode ser provada, a teoria rival é colocada para fora do páreo¹²⁹.

¹²⁶ BEN-DOV, 1996, p. 93-95.

¹²⁷ Esse estudo aparece em sua obra *Novum Organum*, publicada em 1620, no aforismo XXXVI do Livro II.

¹²⁸ Podemos encontrar um interessante tópico sobre o pensamento de Francis Bacon e uma análise do método do experimento crucial com suas devidas ressalvas em HACKING, I. *Representar e Intervir – Tópicos introdutórios de filosofia da ciência natural*. Rio de Janeiro, EdUERJ, 2012,

¹²⁹ HACKING, 2012, p. 353.

Duhem insiste no mesmo fato histórico que mencionamos acima e, para demonstrar a dificuldade *do experimentum crucis*, ele analisa, outra vez, a rivalidade entre as duas hipóteses a respeito da natureza da luz. De um lado, Newton, Laplace e Biot. Do outro Huygens, Young e Fresnel. Entre eles o aparelho de Foucault. O aparelho de Foucault indicou que a luz não é um corpo, é um movimento vibratório propagado pelo éter. O experimento apoia a teoria ondulatória e faz dela um novo artigo do “credo científico”. A hipótese das ondulações não pode ser posta em dúvida. Perguntamos: será que os físicos estariam corretos em atribuir à experiência de Foucault essa significação? A experiência de Foucault condena irremediavelmente a teoria da emissão? Não, responderia Duhem, apenas a concepção corpuscular da luz de Newton não se mostrou “adequada” com a experiência de Foucault e nada mais além disso.

Mesmo que a experiência de Foucault tenha “falseado” a teoria corpuscular, como está marcado na história da física do século XIX, ela não indicava onde estava o erro dessa teoria, onde a teoria tinha falhado. O erro não poderia estar em algum pressuposto de apoio? O problema, para Duhem, foi terem atribuído uma importância tão decisiva para a experiência de Foucault. *Para existir um dilema tão rigoroso entre duas hipóteses físicas, em que se uma é falsa, a outra é necessariamente verdadeira, então teríamos que admitir que jamais uma outra hipótese poderá ser imaginada.* Os físicos teriam que ter a certeza de que esgotaram todas as hipóteses imagináveis sobre a natureza da luz. Se assim fosse, não veríamos novas e melhores teorias, mais adequadas, mais simples, e conseqüentemente, não veríamos o progresso da ciência.

Partindo da premissa segundo a qual em casos de refutação o experimento não indica onde está a falha da teoria, concluímos que o principal efeito do holismo epistemológico duhemiano está na subdeterminação da teoria pela evidência, ou seja, as decisões dos cientistas sobre as hipóteses que devem ser abandonadas ou aceitas são subdeterminadas pela evidência disponível e pelos resultados dos testes que realizam. O caráter hipotético das teorias possibilita que elas estejam sempre sujeitas ao *desmentido experimental*.

O ponto que Duhem pretende destacar é que o experimento não refuta em definitivo uma teoria, pois o físico pode, sempre que achar razoável, fazer retoques em suas hipóteses, modificar as hipóteses auxiliares, por exemplo, até que um dia a teoria se torne empiricamente adequada ou - a depender do espírito do físico e de suas escolhas - abandonada. Em outras

palavras, Duhem defende que os físicos sempre podem tirar melhor proveito dos resultados, que nunca garantem conclusões indiscutíveis.

Com a tese holista de Duhem, vemos surgir questões como “O que de fato se refuta quando se refuta uma teoria?” ou “Teorias podem ser refutadas?”. Da análise que Duhem faz do método experimental nasce uma *nova* concepção de controle experimental em física. Partindo dessas premissas, faremos na segunda parte do nosso trabalho um estudo rigoroso sobre as subteses mencionadas no início desse tópico e das questões relativas ao holismo incitadas nesta primeira parte.

PARTE II

O HOLISMO DUHEMIANO

1- A elaboração da tese holista de Duhem

A tese holista de Pierre Duhem começou a ser elaborada desde seus primeiros ensaios filosóficos, notoriamente no texto de 1894, *Algumas reflexões sobre a física experimental*, que inaugura as suas principais ideias sobre a ciência experimental. A partir dessas primeiras análises, Duhem tira consequências epistemológicas que, a princípio, não foram profundamente investigadas, de modo que o seu desenvolvimento pode ser encontrado apenas em seus textos mais tardios, como na obra *A Teoria Física*.

Os estudos de Anastasios Brenner¹³⁰ - um dos mais importantes comentadores das obras duhemianas na França - nos revela uma evolução no pensamento de Duhem e sugere o caminho que o levou a construir uma visão holista sobre a ciência. Portanto, pretendemos mostrar as motivações que conduziram Duhem à elaboração da sua tese holista nos textos de 1894, ainda que não acompanhada de um digno desenvolvimento do problema, que viria alguns anos depois. Segundo Brenner, dois problemas chaves da epistemologia duhemiana foram os fios condutores na elaboração do holismo, a saber, as críticas ao método indutivo e ao experimento crucial.

Ademais, é incontestável que o contexto científico da época foi determinante para as ideias epistemológicas de Duhem. Especialmente no que diz respeito à tese holista, um experimento realizado pelo físico alemão Otto Wiener, em 1890 – quatro anos antes da publicação do ensaio de 1894 - que implicava em duas teorias ópticas concorrentes (a teoria de Fresnel e a teoria de Mac Cullagh e Neumann) e conduziam, ambas, a duas hipóteses contraditórias, levou Duhem a refletir sobre o papel da experiência e, sobretudo, sobre a possibilidade de um experimento crucial na física, como se mostrava ser a experiência de Wiener¹³¹.

A interpretação que Duhem deu a essa experiência se configura como sua grande defesa das noções de teoria física e experimento científico. Naquela ocasião, o experimento do físico alemão havia condenado a hipótese de Neumann ao mesmo tempo em que *tornava verdadeira* a hipótese contrária, de Fresnel. Porém, Duhem já havia compreendido a

¹³⁰ Cf. BRENNER, 1990.

¹³¹ As primeiras declarações de Duhem sobre a impossibilidade de experimentos cruciais são encontradas em seu artigo científico de 1894, *Les théories de l'optique*, publicado em *Revue des deux mondes*, onde se encontra uma análise da experiência de Wiener. (Cf. BRENNER, A)

complexidade da relação entre teoria e experimento, com a ideia de que hipóteses particulares não podem ser submetidas a um experimento da física, mas apenas inseridas em um conjunto teórico. Ele estende a sua análise do experimento de Wiener a toda ciência experimental, afirmando que esse holismo¹³² não se trata de uma característica particular de tal experimento, mas de uma característica inerente ao método experimental.

Com a análise de um segundo exemplo, dessa vez a experiência de Foucault, Duhem reforça e aprofunda sua investigação apresentando uma nova concepção de ciência experimental a partir do estudo sobre a *epistemologia do experimento crucial*. Como afirma Brenner, "a originalidade de Duhem é ter feito da interpretação da experiência de Wiener uma tese geral"¹³³.

Brenner aponta que Duhem não tirou, ou não quis tirar todas as consequências de sua análise em seus primeiros textos filosóficos, dado que dois importantes tópicos sobre a crítica ao método indutivo não estavam presentes no texto de 1984, mas estão contidos, juntamente com a maior parte desse texto, na obra *A Teoria Física*. Assim, o amadurecimento culmina com a crítica mais consistente e, sobretudo, explícita ao método indutivo em *A Teoria Física*. Paralelo a essa mudança, a evolução no pensamento de Duhem também se deve aos seus estudos sobre a história da ciência e ao reconhecimento do valor heurístico da história, muito pouco reconhecido por ele em seus primeiros artigos. Brenner pretendeu mostrar que o estudo duhemiano sobre a história das ciências foi um elemento essencial na construção racional da teoria física no interior do conjunto de suas obras. O fato de que Duhem não via ainda o valor da história da ciência nos primeiros textos foi a razão pela qual ele hesitou em criticar explicitamente o método indutivo, afirma Brenner. Na medida em que ele descobria esse novo elemento, mais subsídios ele encontrou para concluir a impossibilidade da indução para a ciência experimental. A problemática da confirmação e falsificação das hipóteses e teorias científicas foi ganhando corpo na medida em que os estudos historiográficos da ciência avançavam.

Em *A Teoria Física*, Duhem aproxima a crítica ao método indutivo da crítica ao experimento crucial – críticas essas que são os dois pontos de partidas em direção à tese holista, ou, se preferir, as duas premissas que levam a conclusão da tese. Assim, veremos a seguir o tratamento dado por Duhem aos dois problemas referidos.

¹³² É importante notar que o termo *holismo* não é usado por Duhem para designar a sua epistemologia.

¹³³ BRENNER, 1990, p. 43

2- Sobre a impossibilidade do experimento crucial

Duhem introduz a crítica ao experimento crucial a partir do exame do experimento de interferência luminosa realizada pelo físico alemão Otto Wiener, feita em seu artigo científico *Les théories de l'optique*, em 1894. Certamente, parte dessa análise foi introduzida no ensaio filosófico publicado no mesmo ano, *Algumas reflexões acerca da física experimental*. Vejamos em que consiste essa análise.

Duas diferentes teorias tentavam descrever o papel do campo elétrico na ótica. A teoria de Neumann afirmava que em um raio de luz polarizada, a propagação da vibração era paralela ao plano de polarização, por outro lado, a teoria de Fresnel afirmava que a vibração era perpendicular ao mesmo plano. A experiência de Wiener mostrou que a proposição de Neumann era falsa, que em um raio de luz polarizada a vibração não era paralela ao plano de polarização¹³⁴. Como foi feito o experimento de Wiener para condenar a proposição de Neumann?

Ele deduziu dessa proposição a seguinte consequência: se se fizer interferir uma faísca luminosa refletida sobre uma lâmina de vidro com a faísca incidente polarizada perpendicularmente ao plano de incidência, franjas paralelas à superfície refletora devem ser produzidas. Ele realizou as condições nas quais essas franjas deviam produzir-se e mostrou que as franjas previstas não se produziam¹³⁵.

Dado esse experimento e seu resultado, Duhem elabora algumas objeções. Ele diz que, para prever a formação das franjas e mostrar que elas não se produziam, Wiener fez uso de outras leis, hipóteses e proposições que faziam parte da ótica comumente aceita naquela altura, além da própria proposição de Neumann. Wiener não admitiu apenas a hipótese particular que a vibração é paralela ao plano de polarização, mas também o conjunto de hipóteses segundo as quais “a luz consistia em vibrações periódicas simples, que em cada ponto, a força viva média do movimento vibratório media a intensidade luminosa, que o

¹³⁴ DUHEM, 1989b, p. 92-93.

¹³⁵ DUHEM, 1989b, p. 92-93.

ataque de uma película fotográfica marcava os diversos graus dessa intensidade. *É juntando essas diversas proposições, e muitas outras que seria bastante longo enumerar, àquela de Neumann, que ele pôde formular uma previsão e reconhecer que a experiência desmentia essa previsão*¹³⁶.

Portanto, por mais que a experiência estivesse em desacordo com a teoria de Neumann, isso não implica dizer que a teoria de Neumann é falsa. Primeiro, porque o *desmentido da experiência* não tocou apenas na hipótese de Neumann, mas em todo o conjunto de hipóteses que Wiener, e qualquer experimentador, são obrigados a fazer uso. Segundo, a crença de Wiener na veracidade de todas as outras hipóteses por ele usadas e a certeza de que a falha recaiu apenas na hipótese de Neumann, não se justifica por uma necessidade lógica. Para Duhem, “nada impede considerar exata a proposição de Neumann e fazer cair a contradição experimental sobre alguma outra hipótese comumente admitida da ótica”¹³⁷.

Brenner¹³⁸ destaca que a perspectiva da análise de Duhem é puramente epistemológica, uma vez que, cientificamente, ele se colocou a favor da teoria de Fresnel. Efetivamente, Duhem estava preocupado com o papel atribuído às experiências da física que visavam decidir de forma definitiva entre duas teorias.

Quando o físico se encontra em uma *encruzilhada* (para usar o termo de Francis Bacon) entre duas teorias concorrentes, uma das maneiras que ele pode conceber seu experimento é a seguinte: para provar a falsidade da teoria que ele contesta, deduz dela uma predição, geralmente absurda, em seguida, o controle experimental pretende demonstrar a inexistência de tal proposição. Dentro de determinadas condições o experimento é realizado, e se o resultado negativo esperado se dá, o experimentador considera a teoria falsa, como ele já suspeitava. Em outras palavras, para demonstrar que uma proposição é verdadeira, indica-se uma consequência absurda que decorreria da proposição contrária aquela.

Tal modo de demonstração parece tão convincente, tão irrefutável quanto à redução ao absurdo cara aos geômetras. É, de resto, sobre a redução ao absurdo que essa demonstração é modelada, a contradição experimental desempenhando o papel desempenhado pela contradição lógica na outra.¹³⁹

¹³⁶ DUHEM, 1989b, p. 93.

¹³⁷ DUHEM, 1989b, p. 93.

¹³⁸ BRENNER, 1990, p. 42

¹³⁹ DUHEM, 2014, p. 226.

Será que esse método tem o poder de transformar uma hipótese numa verdade inegável? Certamente não. Seria necessário enumerar todas as hipóteses possíveis que dão conta de um mesmo grupo de fenômenos. No caso dos teoremas da geometria que são contraditórios entre si, se um é verdadeiro, o outro é necessariamente falso; não há lugar para uma terceira alternativa. Porém, é ingênuo acreditar que o experimento crucial quando refuta uma teoria da física, automaticamente, preserva a outra. Acreditar nisso, é desacreditar no progresso da ciência. É desacreditar que uma terceira hipótese poderá um dia existir. A crença no poder do experimento crucial é uma visão bastante simplificada do método experimental; “as condições em que ele funciona são muito mais complicadas e a avaliação dos resultados é muito mais delicada e sujeita a dúvidas”¹⁴⁰.

Duhem insiste no fato de que os procedimentos da física, na prática, são um tanto mais complexos do que essa maneira bastante simplificada de olhar a situação. Duas questões importantes da epistemologia estão em xeque: a impossibilidade de refutar uma hipótese isolada e a impossibilidade de atribuir valor de verdade a uma teoria. Conhecer a diferença entre uma experimentação em física e a observação ordinária facilita a compreensão do método experimental defendido por Duhem.

A experimentação na física envolve, além da observação, uma postura operante do físico que deve estar preparado para fazer interpretações necessárias desde o início, quando escolhe quais instrumentos utilizar, até o final, quando ele tem o resultado em mãos. O físico é obrigado a conhecer e saber aplicar as diversas teorias físicas que estão presentes também implicitamente nessa prática. Pois para deduzir uma predição e submetê-la ao controle experimental, o físico faz uso de várias hipóteses. Dessa forma, o experimento crucial não se sustenta, pois ele supõe uma disputa entre duas hipóteses, enquanto o físico, por outro lado, está diante de dois conjuntos teóricos.

Em síntese, a crítica de Duhem ao experimento crucial está apoiada em dois argumentos: primeiro, a experiência que decide entre duas teorias é bastante incerta, já que ela pressupõe que jamais uma terceira teoria poderá ser formulada e, segundo, é impossível refutar uma hipótese isolada, mas apenas a teoria em seu conjunto. Logo, se a teoria estiver em desacordo com a experiência, o físico não sabe exatamente onde está a falha e, por isso, não pode garantir, logicamente, que está na hipótese que ele quis refutar

¹⁴⁰ DUHEM, 2014, p. 226.

3- Crítica duhemiana ao método indutivo

A crítica ao método indutivo aparece bem construída na obra *A Teoria Física* em dois tópicos dedicados ao problema, e são seguidos do parágrafo sobre a crítica ao experimento crucial; ambas as críticas levaram a uma formulação mais consistente da tese holista de Duhem.

O método indutivo de pesquisa foi considerado por uma parte dos filósofos e cientistas - sobretudo os seguidores do ponto de vista baconiano-newtoniano do século 18 - como o método ideal das ciências experimentais¹⁴¹. Esse procedimento, visto como o mais seguro para se atingir o conhecimento científico, sustenta que a partir de observações particulares, inferem-se leis gerais. Tal método é apoiado, sobretudo, por filósofos empiristas para os quais a experiência imediata é a origem de todo o conhecimento. Na epistemologia contemporânea, encontramos uma defesa ao método indutivo na corrente filosófica denominada positivismo lógico. Contudo, no período moderno, David Hume e John Locke foram os pioneiros na análise do problema da indução. Grosso modo, esses filósofos chegaram a conclusão de que “simplesmente não há meios racionais ou empíricos de assegurar, com certeza absoluta, a verdade das leis científicas a partir da experiência ou de raciocínio lógicos”¹⁴². Neste sentido, Duhem encontra-se entre os filósofos que defendem a insuficiência de inferências indutivas para a construção de teorias científicas.

A ciência moderna, até o século XIX, especialmente em sua primeira metade, foi marcada pelo programa newtoniano, amplamente aceito por grande parte dos cientistas da época, sendo representado por grandes nomes como Laplace, Poisson e Ampère, por exemplo. O modelo de ciência chamado newtonianismo sustentava que os fenômenos seriam a base para a formulação das leis da natureza – existe uma regularidade na natureza independente do observador e cabe a este o papel de *intuir* as leis *universais* da física¹⁴³. Nesse contexto, a recusa de Duhem ao método newtoniano traz mais uma evidência da sua recusa à concepção tradicional da ciência, já que, para ele, as leis da física são fundadas sobre os resultados da

¹⁴¹ Cf. LAUDAN, 2000.

¹⁴² CHIBENNI, 1995 e 2006.

¹⁴³ Cf. VIDEIRA, 2011.

experiência, um trabalho complexo que envolve o conhecimento prévio de uma série de teorias físicas.

Segundo Videira, as transformações que a ciência sofreu implicaram, entre outras coisas, no reconhecimento de que ela não está imune à arbitrariedade. “Seriam leis propriedades na natureza?” Com essa questão Videira toca na problemática da possibilidade de formular leis físicas que descrevem fenômenos de maneira universal.

Os físicos fazem metáforas, analogias, constroem modelos, mas a partir do momento que o campo semântico ao qual se referem os conceitos é largo demais (força, matéria, energia, átomo) surgem problemas. As soluções se mostraram problemáticas porque a forma da lei não era única, o que obrigaria ao estabelecimento de uma hierarquia nas próprias leis naturais, já que os fenômenos naturais são organizados.¹⁴⁴

As questões relativas ao valor epistêmico, à universalidade e a objetividade da ciência faziam parte do escopo investigativo dos cientistas e filósofos dos séculos XIX e XX. A partir dessas novas análises, a visão de mundo newtoniana, bem como outros pilares da ciência tradicional, passou a sofrer abalos em suas bases metodológicas e epistemológicas. A concepção clássica de ciência cujo método ideal é a indução, é duramente criticada em *A Teoria Física*; a questão sobre como garantir a universalidade das leis adquire, com Duhem, outra interpretação, uma vez que, para ele, as leis da física são sempre simbólicas, aproximadas e provisórias.

O método newtoniano, da maneira descrita por Duhem, implica na seguinte afirmação: na Física toda proposição deve ser derivada dos fenômenos e generalizada por indução. Tal asserção é baseada em uma declaração de Newton, em sua obra *Principia*, segundo a qual toda hipótese que a indução não tivesse extraído da experiência deve ser eliminada da Filosofia Natural¹⁴⁵. O problema está no fato de que, para Duhem, a indução a partir dos dados experimentais não garante valor de verdade para a teoria.

Duhem nos apresenta dois exemplos da problemática do método indutivo, chamado por ele de *método newtoniano*; o primeiro em relação ao próprio Newton, e o segundo em relação à obra de Ampère. Vejamos o primeiro exemplo: a Mecânica celeste. A passagem das leis de Kepler as leis de Newton apresentavam dificuldades, segundo Duhem. Seria o princípio da gravitação universal de Newton simplesmente derivada por generalização e indução das leis de observação de Kepler?

¹⁴⁴ VIDEIRA, 2011, p. 192.

¹⁴⁵ DUHEM, 2014, p. 232.

Historicamente, se afirma que o princípio da gravitação universal de Newton foi sugerido pelas leis de Kepler. A história da ciência mostra, igualmente, que as leis de Newton, foram mais gerais que as de Kepler, fato que podemos chamar de indução. Kepler estudou o movimento dos planetas, cujas leis eram baseadas sobre os dados experimentais precisos, vindos das observações do astrônomo Tycho Brahe. Dessa forma, se fala também da relação de indução de Brahe para Newton, como no esquema seguinte: Observações de Brahe > Leis dos movimentos dos planetas > Leis de Newton.

Para Duhem é ingênuo falar que houve inferência indutiva como colocamos acima. Há um elemento importante na epistemologia duhemiana que coloca em confusão a indução entre o dado experimental e a lei; esse elemento é a interpretação teórica. Vimos que para Duhem, “uma experiência em Física não é simplesmente a observação de um fenômeno; é, além disso, a interpretação teórica desse fenômeno”¹⁴⁶.

Cientificamente, a teoria de Newton não é apenas mais geral que as leis de Kepler, mas as corrigem e levam em conta outros fenômenos, desconsiderados por Kepler. Annastasio Brenner destaca, por exemplo, que duas importantes noções utilizadas na teoria de Newton, as noções de força e massa, são estranhas às leis de Kepler. Essas se referem diretamente aos objetos da observação, e o seu caráter pouco simbólico é inadequado para sugerir o princípio da gravitação universal. Newton, por outro lado, traduziu simbolicamente as leis de Kepler através da adesão de um conjunto de outras teorias, de modo que, a partir de uma análise cuidadosa, não se pode afirmar que houve um salto indutivo das leis de Kepler para a teoria de Newton.

Devemos lembrar que para Duhem, uma lei da física é uma relação simbólica cuja aplicação à realidade concreta exige que se conheça e admita todo um conjunto de teorias. Como Newton provará a validade da sua teoria, se admitimos que ela não é uma derivação das leis de Kepler?

Ele calculará, com toda a aproximação que comportam os métodos algébricos constantemente aperfeiçoados, as *perturbações* que sofre, a cada instante, cada um dos astros na órbita que lhe atribuem as leis de Kepler. Então comparará as perturbações calculadas às perturbações observadas por meio dos mais precisos instrumentos e dos métodos mais minuciosos. A comparação não se realizará somente sobre uma parte específica do princípio de Newton. Ela invocará todas as suas partes de uma só vez. Com ele, ela também invocará todos os princípios da Dinâmica. Em adição, convocará a

¹⁴⁶ DUHEM, 2014, p. 184-186.

assistência de todas as proposições da Óptica, da Estática de gases e da teoria do calor necessárias para justificar as propriedades dos telescópios, para construí-los, para ajustá-los, para corrigi-los, para eliminar os erros causados pela aberração diurna ou anual e pela refração atmosférica.¹⁴⁷

Portanto, gostaríamos de destacar a conclusão de Duhem na qual o holismo é, outra vez, declarado:

*Não se trata mais de tomar uma a uma as leis justificadas pela observação e elevar cada uma delas, por indução e generalização, ao posto de princípio. Trata-se de comparar os corolários de todo um conjunto de pressupostos com todo um conjunto de fatos*¹⁴⁸.

Brenner¹⁴⁹ afirmou que o erro do raciocínio indutivo procede de uma má compreensão da teoria física. É equivocado considerar as leis de Kepler e a teoria de Newton através de um mesmo plano, já que uma diferença essencial os separa: as leis de Kepler se referem diretamente às observações astronômicas enquanto a teoria de Newton, e as leis das quais ele fez uso, abarcam várias noções teóricas e são, portanto, simbólicas, já que elas trazem noções teóricas irredutíveis à simples observação.

Em resumo, a ciência Física não funciona por pura observação direta dos fatos, pois estes são sempre substituídos por uma grandeza que os correspondem; e toda lei da física é traduzida simbolicamente por uma proposição matemática que corresponda às noções físicas. Por exemplo, toda lei física relativa à noção de *quente* (linguagem comum) é traduzida simbolicamente por uma proposição matemática referente à temperatura. “Os termos simbólicos que ligam uma lei da física não são mais essas abstrações que brotam espontaneamente da realidade concreta; são abstrações produzidas por um trabalho de análise lento, complicado, consciente”¹⁵⁰.

Portanto, a crítica duhemiana ao método indutivo diz respeito à impossibilidade de teorias serem deduzidas puramente da experiência. Para Duhem, é errado acreditar que existe uma separação entre a observação de um fenômeno físico e a teoria.

4- Algumas considerações sobre a tese Duhem-Quine

¹⁴⁷ DUHEM, 2014, p. 235.

¹⁴⁸ DUHEM, 2014, p. 235.

¹⁴⁹ BRENNER, 1990, p. 217.

¹⁵⁰ DUHEM, 1989b, p. 109.

Há inúmeros textos na literatura filosófica do final do século passado¹⁵¹, relacionados aos estudos sobre empirismo, prática científica ou teorias científicas, que fazem referência à ideia segundo a qual não existe apenas uma teoria plausível (ou verdadeira) capaz de explicar determinado fenômeno, mas, sim, a possibilidade de existir mais de uma teoria satisfatória, embora contraditórias entre si. Essa é uma das formulações gerais da tese Duhem-Quine, que também é chamada de tese da subdeterminação da teoria pela evidência¹⁵². Outra formulação, também geral, da tese Duhem-Quine, parte da defesa da impossibilidade de uma hipótese isolada sofrer controle experimental, visto que, um teste empírico requer, necessariamente, todo um conjunto de hipóteses auxiliares – essa tese também é chamada de holismo epistemológico ou holismo confirmacional¹⁵³.

As duas formulações acima não são excludentes entre si e é muito comum encontrarmos autores que classificam a primeira (tese da subdeterminação) como consequência da segunda (holismo epistemológico)¹⁵⁴. De fato, não encontramos nos textos de filosofia da ciência um consenso sobre a definição da tese Duhem-Quine. Porém, algo incontestável para todos é que ela implica na análise da relação entre evidência e teoria no que concerne aos esforços dos cientistas para confirmarem teorias, e traz a seguinte questão epistemológica e metodológica: “teorias podem ser refutadas?”. Vejamos mais de perto algumas considerações sobre a tese Duhem-Quine.

A chamada tese ‘Duhem-Quine’¹⁵⁵ surgiu entre os anos de 1950 e 1960, através da publicação de um ensaio de Quine¹⁵⁶ sobre a doutrina empirista. Foi amplamente difundida no

¹⁵¹ No livro HARDING, S (org.). *Can theories be refuted? Essays on the Duhem-Quine Thesis*. Synthese library, v. 81: Dordrecht, 1976, encontramos reunidos uma série de artigos escritos por filósofos da ciência que discutiam a tese Duhem-Quine. Entre eles, textos de K. Popper, C. Hempel, T. Khun e L. Laudan, além de ‘textos-referências’ de Duhem e de Quine.

¹⁵² Cf. ARIEW, R. 1984.

¹⁵³ Cf. SEVERO, R. 2012. MOGIN, F. 2008.

¹⁵⁴ Cf. MOGIN, F. 2008.

¹⁵⁵ A primeira aparição da expressão “Tese Duhem-Quine” parece ter sido no texto de Adolf Grunbaum, *The Falsifiability of Theories: Total or Partial? A Contemporary Evaluation of the Duhem-Quine Thesis*, publicado tardiamente in *Boston Studies in the Philosophy of Science*, Vol. I Reidel, Dordrecht, 1963. Grunbaum reagiu negativamente à publicação do artigo *Dois dogmas do empirismo*, de Quine, e escreveu alguns artigos direcionando uma série de críticas ao que ele designou “Tese Duhem-Quine”. (Cf. GRUNBAUM, 1962 e 1960) Quine deu sua opinião sobre a crítica de Grunbaum através de uma carta enviada a ele, e publicada como *A Comment on Grunbaum's Claim*, cujo primeiro parágrafo afirmava o seguinte: “I have read your paper on the falsifiability of theories with interest. Your claim that the Duhem-Quine thesis, as you call it, is untenable IF taken nontrivially, strikes me as persuasive. Certainly it is carefully argued.” (grifo nosso) (Cf. HARDING, 1976) Por essa indicação, temos uma forte tendência a acreditar que o termo foi cunhado por Adolf Grunbaum.

¹⁵⁶ QUINE, W. V. O.. *Two dogmas of empiricism*. In *From a logical point of view*. Cambridge:

interior da epistemologia anglo-saxã e, hoje, está presente, sobretudo, no centro dos debates sobre o realismo e o anti-realismo. As ideias do Círculo de Viena - que estavam direcionadas aos problemas metodológicos das ciências da realidade - contribuíram fortemente para a exposição da tese na Inglaterra e nos Estados Unidos, bem como a nova tendência a estudar a ciência através da sua história.

A tese Duhem-Quine carrega algo da filosofia produzida na Europa no século XIX atrelada às fortes características da corrente analítica do mundo anglófono. Alguns traços da filosofia da ciência francesa são claramente visíveis em filósofos americanos pelo fato de que muitas obras eram traduzidas rapidamente para o inglês, como ocorreu com a obra *A teoria física*, de Pierre Duhem, além do fato de que alguns filósofos se encarregaram de introduzir textos da então chamada “filosofia continental” no mundo analítico (anglo-americano), a exemplo de Quine, ou ainda pela influência dos filósofos europeus forçados a imigrarem para a América, incluindo, entre outros, Carnap e Reichenbach.

O filósofo americano Quine teve uma estreita relação com o Círculo de Viena, especialmente através da figura de Rudolf Carnap, que foi talvez a sua maior influência filosófica, chegando a frequentar as reuniões do grupo, na ocasião da sua estadia na Europa, no início da década de 1930.

Em 1951, Quine publicou um artigo que o colocou em destaque como um dos mais importantes filósofos analíticos: *Two Dogmas of Empiricism*. Ele empreendeu uma crítica ao empirismo nos moldes do positivismo lógico vienense, sobretudo no que diz respeito à distinção entre enunciados analíticos e sintéticos e o reducionismo, dois problemas que repousam na crença da distinção entre o que pertence à experiência e aquilo que pertence à linguagem.

In particular Quine singled out the distinctively neo-positivist idea that an utterance has an empirical meaning, and can as such be subject to empirical confirmation or refutation. Let us note that Quine was engaged here with an interpretation of logical empiricism that had become common, rather than with a serious reading of Carnap.¹⁵⁷

Harvard University, pp. 20–46, 1953.

¹⁵⁷ LAUGIER, S. 2009, p. 92.

A citação acima, retirada do artigo escrito pela filósofa francesa Sandra Laugier¹⁵⁸, sobre o legado duhemiano para a epistemologia contemporânea, diz respeito à reação quineana à doutrina positivista vienense que estava em voga naquela altura, levando-o a resgatar Duhem para apoiar suas críticas contra essa doutrina, como veremos no parágrafo abaixo.

O dogma do reducionismo sobrevive na suposição de que cada enunciado, tomado isoladamente de seus companheiros, pode admitir confirmação ou infirmação de algum modo. Minha contraproposta, resultando essencialmente da doutrina do mundo físico de Carnap no *Aufbau*, é que nossos enunciados sobre o mundo exterior enfrenta o tribunal da experiência sensível não individualmente, mas apenas como corpo organizado¹⁵⁹.

É nesse parágrafo que Quine faz referência à Duhem em uma nota de rodapé, tal qual está posto a seguir: “Esta doutrina foi discutida por Duhem P., *La théorie physique: son objet et da structure*. Paris, 1906, PP. 303-328. Ou então v. Lowinger. *The Methodology of Pierre Duhem*, N.Y., Columbia U. Press, 1941, pp. 132-140”¹⁶⁰. Laugier destaca a dimensão com que Quine se apropriou da ideia duhemiana, afirmando que o filósofo analítico não teve a intenção de se deter às minúcias e desdobramentos do argumento de Duhem contra refutações na ciência, mas se deteve a uma ideia geral da obra *A teoria física* sobre a impossibilidade de conceber fatos independentes de toda uma conceitualização¹⁶¹. Ou seja, o que interessa Quine no argumento duhemiano é apenas a defesa da impossibilidade de conceber fatos sem antes conhecer todo o conjunto teórico que o pressupõe, afirma a autora.

Muitos filósofos da ciência, ou comentadores das obras de Duhem e Quine reconhecem, hoje, que existe uma diferença no modo como é tratado a tese no sistema filosófico quineano e o modo como foi desenvolvido por Pierre Duhem. Existe um grande esforço por parte desses estudiosos em “desembaraçar” Duhem e Quine e clarificar esta distinção. A grande dessemelhança entre ambos é que o caráter da tese duhemiana é essencialmente metodológico - com implicações epistemológicas - enquanto que a posição quineana é, sobretudo, semântica. Quine utiliza a tese holista para derrubar a base que sustenta a teoria positivista (verificacionista) do significado. Além disso, o objetivo de Quine

¹⁵⁸ LAUGIER, S. Science and Realism: The Legacy of Duhem and Meyerson in Contemporary American Philosophy of Science. In: *French Studies in the Philosophy of Science*. Springer: 2009, p. 91-112.

¹⁵⁹ QUINE, 1980, p. 245.

¹⁶⁰ QUINE, 1980, p. 245.

¹⁶¹ LAUGIER, 2009, p. 92.

é também refutar o dogma de que uma distinção pode ser feita entre juízos analíticos e sintéticos, e isso é, outra vez, um objetivo semântico (e também lógico), e não puramente metodológico.

Duhem, por sua vez, pretendia examinar apenas o campo da ciência Física. No primeiro parágrafo da introdução da obra *A Teoria Física*, ele deixa claro para os seus leitores o seu verdadeiro propósito:

A presente obra será uma simples análise lógica do método por meio do qual a ciência física progride. Talvez alguns de nossos leitores desejem estender as reflexões aqui expostas a outras ciências diferentes da Física; talvez desejem eles também tirar consequências que transcendem o objeto próprio da lógica; nós, entretanto, evitamos cuidadosamente cair em qualquer uma dessas duas generalizações; impusemos a nossas pesquisas limites estreitos, a fim de explorar de uma maneira mais completa o estreito domínio que lhes assinalamos¹⁶².

Duhem-Quine thesis é, portanto, uma designação dada pela epistemologia anglo-saxã, que implica na união do ponto de vista quineano (mais extenso) às ideias originais de Duhem (mais restritas). Dessa forma, vemos ressurgir as ideias duhemianas vestidas de elementos lógicos e semânticos e não apenas limitadas ao campo do conhecimento científico, ou ao campo da física, propriamente dito.

Alguns autores também classificam a tese de duas maneiras, conforme sua intensidade e abrangência, uma sendo a elaboração mais “fraca” da tese Duhem-Quine e outra se configura como uma versão mais “forte”¹⁶³. (i) Quando uma teoria é testada contra uma parte da evidência e a predição não se confirma, não existe uma maneira convincente de decidir qual parte da teoria está em contradição com os fatos. Essa é a tese mais fraca da qual Duhem se orgulharia de ser reconhecido nela. A outra, e a mais ‘forte’ elaboração da tese, sustenta que (ii) quando uma teoria é testada contra uma parte da evidência e a predição não se confirma, é possível alterar as hipóteses auxiliares de tal maneira que, sem modificar a hipótese que se pretende testar, a teoria se torna de acordo com os fatos. Essa forma estaria em completo acordo com a intenção de Quine em *Dois dogmas do Empirismo*¹⁶⁴.

¹⁶² DUHEM, 2014, p. 27.

¹⁶³ LAUDAN, L. 2009 (Can theories be refuted?), p. 159. SEVERO, 2012, p. 308

¹⁶⁴ Cf. SEVERO, 2012, p. 308.

A história da ciência apresenta casos de teorias científicas em que havia a mesma equivalência empírica e, no entanto, eram teorias contrastantes. Porém, é sabido também que casos de subdeterminação foram resolvidos quando uma das teorias concorrentes foi aceita pela comunidade científica, ao passo que a outra foi rejeitada (Duhem diria *abandonada*). Portanto, até que ponto se pode afirmar que a evidência é uma maneira inadequada de escolher entre duas teorias rivais?

Um dos argumentos da subdeterminação afirma que o fato de os cientistas evocarem entidades não observáveis para explicar os fenômenos da natureza favoreceu esse tipo de concorrência entre teorias. A tese da subdeterminação é o mais forte argumento contra o realismo científico, que admite teorias como verdadeiras descrições da realidade. A ameaça ao realismo está na seguinte pergunta: Se é possível que duas teorias descrevam a realidade satisfatoriamente, então como se pode acreditar que existe *uma teoria verdadeira* sobre esta realidade?

O problema da indução é, frequentemente, o ponto de partida para analisar a tese da subdeterminação - tanto do ponto de vista quineano, quanto da concepção duhemiana. Com Quine, temos uma sólida crítica ao método verificacionista, defendido pelo Círculo de Viena como a melhor forma de demarcação científica e fundamentada no raciocínio indutivo - em que os enunciados particulares são confirmados pela experiência, um por um.

Para o verificacionismo e, em geral, para os positivistas lógicos, um enunciado só tem significado se for passível de ser verificado empiricamente e, por outro lado, tudo o que não pode ser verificado pela experiência carece de sentido. Dito de outra maneira, este critério defende a tese segundo a qual toda proposição genuína tem o seu valor de verdade estabelecido através da observação empírica, isto é, o critério de demarcação da lógica indutiva diz respeito à verdade ou à falsidade dos enunciados “verificados pela experiência”. Essa validade está relacionada, como citado anteriormente, ao “dogma positivista de significado”. Enunciados que não podem ser verificados empiricamente são desse modo, destituídos de significado.

Sabemos que o argumento acima é direcionado para a metafísica. Um dos principais projetos do empirismo lógico é extinguir qualquer tipo de conhecimento metafísico tornando a evidência sensível como único fundamento do conhecimento. Porém, nos deparamos com um problema: existem certas afirmações dotadas de significado que não admitem um ‘método de verificação’. Duhem havia declarado que “existem teorias físicas que repousam sobre

pressupostos que não têm, por eles mesmos, nenhum significado físico”¹⁶⁵. O que Duhem afirmou, é que hipóteses cujo enunciado não tem nenhum sentido experimental não podem ser comparadas com os fatos *isoladamente*, mas elas sofrem o controle experimental da mesma forma que as outras hipóteses, pois, como foi dito, a experiência coincide sempre sobre o conjunto teórico. O exemplo utilizado por Duhem são as teorias da Mecânica Racional, Teoria Química e Cristalografia. Essas teorias são construídas por certas hipóteses fundamentais que não possuem nenhum sentido experimental.

A ideia duhemiana, bem como de uma parte da epistemologia contemporânea, é que a atribuição de verdade a uma teoria empiricamente bem sucedida é uma quimera, ou seja, qual teoria devemos aceitar como verdadeira não é determinada pela evidência. Na prática, os cientistas apelam para fatores extra-lógicos - pragmáticos e sociais - para decidir entre teorias concorrentes e subdeterminadas pela evidência. Sob esse ponto de vista, os empiristas lógicos fracassaram em tomar a evidência sensível como o único fundamento seguro do conhecimento.

No que diz respeito às críticas quineanas à teoria do significado, podemos afirmar o seguinte:

A existência de explicações alternativas e igualmente coerentes deixa bem claro que é impossível eliminar por completo a preocupação com a subdeterminação. (...) No rastro do malfadado ataque à metafísica movido pelo princípio de verificação, não houve propostas sólidas para distinguir entre as afirmações dotadas e desprovidas de sentido do ponto de vista empírico. O que surgiu, em vez disso, foi um consenso em torno da ideia de que, ao contrário do que dizem muitos defensores do princípio de verificação, as afirmações têm de ser verificadas em grupo. Esse tipo de holismo epistêmico modesto não fornece nenhum critério específico para a identificação de conceitos empíricos inteligíveis. Não trata do sentido, mas da *confirmação* das afirmações¹⁶⁶.

É fato que na prática científica os cientistas sempre aderem a um conjunto de crenças, teorias de fundo e teorias auxiliares em seus experimentos que estão associados aos seus procedimentos experimentais. Para Quine, isso se aplica também para o conhecimento em geral – os termos não tem significado quando tratados isoladamente, porque o seu significado reside no contexto de uma sentença. É a sentença, como um todo, que possui um sentido empírico, e não cada um de seus termos em particular.

¹⁶⁵ DUHEM, 2014, p. 259

¹⁶⁶ MOSER, 2009, p. 121.

O artigo de Roger Ariew¹⁶⁷, intitulado *The Duhem Thesis*, traz um estudo sobre a tese Duhem-Quine em comparação com a genuína tese duhemiana. O autor afirma, no início do seu discurso, que o problema da subdeterminação é muito corrente nos textos atuais de sociologia da ciência. A questão é que qualquer teoria pode ser mantida em face de qualquer evidência, basta fazer ajustes – inclusive radicais – para sustentá-la; dessa subdeterminação da teoria pela evidência fatores sociais *devem* ser invocados para justificar as escolhas dos cientistas a favor ou contra determinadas hipóteses. Permita-nos utilizar as palavras de Ariew para mais uma observação sobre o uso dos termos holismo, subdeterminação e tese Duhem-Quine.

This general thesis (or group of interconnected theses) is complex, so that unpacking it would require some preliminaries; for now, let us just say that it is evident that these sociologists of science take what they call the underdetermination thesis (sometimes called the Duhem thesis, the D-thesis, the Duhem-Quine thesis, the Duhemian problem, and holism) as given; (...) *What is curious is that Duhem himself would not have been able to recognize what is attributed to him in any of the above writings*¹⁶⁸. (grifo nosso)

É claro que o autor reconhece que interpretações e reinterpretações são sempre feitas ao longo da história de modo que, muitas vezes, a intenção inicial pode ser deformada quando vista pelos olhos e sentidos modernos. E se tratando da noção de conhecimento teremos sempre boas razões para não se deixar obscurecer os pensamentos mais antigos por releituras contemporâneas. Por isso, encontramos no texto de Ariew uma tentativa de esclarecimento das ideias de Duhem relacionadas à tese Duhem-Quine, ao mostrar a (genuína) tese duhemiana acompanhada das limitações colocadas pelo próprio Duhem, e ignorada por parte dos estudiosos de sua obra. Apesar das inúmeras discordâncias com relação ao problema do holismo, tentaremos mostrar, nos tópicos a seguir, como o holismo se apresenta especificamente no texto *Dois dogmas do empirismo*, de Quine, e na obra *A teoria física*, de Duhem.

5 – A tese holista em *Dois Dogmas do Empirismo*, de Quine

¹⁶⁷ CF. ARIEW, 1984.

¹⁶⁸ ARIEW, 1984, p. 313.

Começaremos nossa tentativa de explicitar a tese holista tal qual ela se apresenta no ensaio de Quine¹⁶⁹ a partir da sua concepção de ciência: “A ciência é uma continuação do senso comum, e ela continua a utilizar o recurso do senso comum de expandir a ontologia para simplificar a teoria”¹⁷⁰. Segundo Quine, o conhecimento científico é a junção de todas as nossas crenças construídas durante nossa existência, a partir das nossas descobertas mais simples, como aquelas vividas pelas crianças até as mais complexas, quando o homem é capaz de elaborar teorias científicas, em outra palavra, a ciência não substitui o senso comum, mas o amplia¹⁷¹.

Grande parte da filosofia quineana, está baseada nos estudos da relação entre linguagem e mundo. É através da linguagem que nos relacionamos com o mundo e aprendemos o que corresponde à evidência, o suporte que nos assegura proferir sentenças. No processo de aprendizado da linguagem, em seu sentido mais primitivo, como acontece no início de nossas vidas, as sentenças proferidas estão sempre acompanhadas do objeto ao qual ela se refere: quando proferimos a palavra cachorro a uma criança, normalmente a figura de um cachorro está presente, é o *ensino ostensivo da linguagem*. Essas sentenças, chamadas sentenças observacionais são como a pedra de toque do nosso sentido de evidência e de realidade¹⁷².

A ciência, sendo uma continuação do senso comum, não vai extinguir esse sentido da evidência que nos domina. Também para a prática científica, as sentenças mais básicas, aquelas ligadas a estimulações não-verbais, terão um papel fundamental no suporte empírico das teorias aventadas. O que o discurso científico fará é dar mais rigor a essa relação entre evidência e teoria, entre sentenças básicas de observação e hipóteses teóricas¹⁷³.

A citação acima, retirada de um artigo de Marcos Bulcão, um dos estudiosos da obra de Quine no Brasil, evidencia a relação entre ciência e senso comum, e entre teoria e

¹⁶⁹ QUINE, W.V.O. Dois dogmas do empirismo. In: _____. *De um ponto de vista lógico*. Tradução de Marcelo G.S. Lima. São Paulo,SP:Abril, 1980. (Coleção Os Pensadores).

¹⁷⁰ QUINE, 1980, p. 247.

¹⁷¹ Cf. BULCÃO, 2009.

¹⁷² BULCÃO, 2009, p. 102.

¹⁷³ BULCÃO, 2009, p. 102.

evidência na epistemologia quineana. O ponto fundamental dessas relações está na maneira como os enunciados de uma teoria se conectam entre si e em como elas encontram e enfrentam o mundo empírico - é aqui que reside o holismo quineano.

O primeiro ponto que separa o holismo quineano da epistemologia duhemiana é o objetivo inicial e ‘aplicação’ da tese. O objetivo de Quine era a reconfiguração da concepção empirista tradicional, baseado em dois dogmas, quais sejam o reducionismo e a distinção entre analítico e sintético. A tentativa de Quine de refundar um empirismo sem dogmas, o levou a erigir uma série de argumentos que derrubasse os dois dogmas citados acima.

Grosso modo, o dogma do reducionismo, em sua versão mais radical, defende que todo enunciado significativo é redutível à experiência imediata. Embora esse tipo de reducionismo não esteja presente nas doutrinas de muitos empiristas, para Quine existe uma forma mais branda segundo a qual cada sentença tomada isoladamente pode admitir confirmação ou refutação de algum modo¹⁷⁴. Contra essa forma de reducionismo Quine prescreve, então, a tese duhemiana de *que nossas afirmações sobre o mundo externo enfrentam o tribunal da experiência sensorial não individualmente, mas apenas como um órgão corporativo*.

O segundo dogma, que pressupõe a distinção entre o analítico e o sintético, está intimamente relacionado ao primeiro, e são, como afirma Quine, idênticos em suas raízes - ambos residem na teoria verificacionista do significado¹⁷⁵. A distinção consiste no fato de que o valor de verdade dos enunciados sintéticos dependem do confronto com o mundo empírico, ao passo que os enunciados analíticos independem desse confronto, pois sua verdade é inferida dos termos que a compõem.

A questão epistemológica que Quine defende é que fatores lógicos e pragmáticos são indissociáveis e por isso não é plausível uma demarcação entre aquele conhecimento sustentado por elementos empíricos e aquele conhecimento puramente linguístico. Para que a analiticidade seja justificada, ela precisa lançar mão de conceitos como significado, sinonímia e definição. Não entraremos na análise desses conceitos, mas, de forma muito resumida, podemos dizer que, para Quine, se o significado de um termo se dá através do seu uso - de forma pragmática - e se as relações analíticas são impregnadas de conteúdo pragmático, então não existem verdades fundadas em significados independentes de questões de fato. Toda

¹⁷⁴ QUINE, 1980, p. 245.

¹⁷⁵ A teoria verificacional do significado, notória na literatura desde Peirce, afirma que o significado de um enunciado é o método de infirmá-lo ou confirmá-lo empiricamente. (Cf. QUINE, 1980, p. 242-245)

sentença possui o elemento analítico e sintético e só faz sentido dentro desse corpo teórico em que ela se apresenta¹⁷⁶.

Minha proposta atual diz que é um disparate, e origem de muitos outros disparates, falar de um componente linguístico e de um componente fatural da verdade de qualquer enunciado particular. Tomada globalmente, a ciência tem sua dupla dependência para com a linguagem e a ciência. Mas essa dualidade não é significativamente delineável em termos dos enunciados da ciência tomados um por um¹⁷⁷.

Para Quine, o erro do empirismo tradicional foi atribuir um sentido único de significância empírica concentrando nas sentenças de modo individual, e não no conjunto das sentenças que se configura uma teoria. Nenhuma experiência imediata dá conta de confirmar ou infirmar uma sentença isolada. Os enunciados enfrentam o tribunal da experiência em conjunto, como afirma Quine: “A ciência total é como um campo de força cujas condições de contorno são constituídas pela experiência, um conflito com a experiência, na periferia, ocasiona reajustamentos no interior do campo”¹⁷⁸. Portanto, em caso de uma experiência recalcitrante, todo o conjunto é falso, mas o cientista pode fazer ajustes em qualquer parte do sistema total.

E disso se segue uma importante consequência, a saber: no limite, qualquer enunciado pode ser mantido como verdadeiro, desde que se decida fazer os ajustes necessários em outra parte de nosso sistema teórico. A contrapartida disso também vale, qual seja, nenhum enunciado pode ser considerado como inteiramente imune à revisão. Ou seja, o que está sendo sugerido, já desde aqui, é que não há nada contido na experiência que determine — direta, absolutamente ou de uma vez por todas — o conteúdo de uma teoria que se pretenda verdadeira. O que se está insinuando é o caráter “tentativo” de todas as nossas teorias e crenças, algo que pode ser dito valer tanto para o discurso mais teórico da ciência quanto para as crenças mais ordinárias de senso comum.¹⁷⁹

Como Bulcão deixa claro nesse parágrafo, para Quine, o holismo deve ser considerado tanto na esfera do conhecimento científico, no caso de testes que englobam todos os

¹⁷⁶ O problema da crítica quineana a essa distinção, bem como a noção de analiticidade são, sem dúvidas, grandes problemas da epistemologia contemporânea e, facilmente, podemos encontrar inúmeros estudos a seu respeito. Fizemos menção a eles apenas com o objetivo de mostrar o caminho percorrido por Quine até à sua tese holista.

¹⁷⁷ QUINE, 1980, p. 245.

¹⁷⁸ QUINE, 1980, p. 246.

¹⁷⁹ BULCÃO, 2009, p. 108.

enunciados das teorias científicas, quanto na esfera do conhecimento em geral. Em *Empirismo sem dogmas*, última sessão do ensaio *Dois dogmas do empirismo*, Quine defende que qualquer declaração pode ser mantida como verdade, *aconteça o que acontecer*.

Para Roger Ariew¹⁸⁰, a tese de Quine é a conjunção de duas subteses : (i) desde que enunciados empíricos são interligados, eles não podem ser individualmente refutados e, (ii) se quisermos manter uma afirmação específica verdadeira, podemos sempre ajustar outros pontos da teoria. O comentador enfatiza que apenas a primeira subtese é atribuída à Duhem por Quine e que o próprio Duhem poderia reconhecê-la como uma “prima” da sua tese, mas nenhuma delas como uma correspondência de sua ideia formulada originalmente¹⁸¹.

Estamos tratando apenas do ensaio *Dois dogmas do empirismo* por duas razões: primeiro porque é o texto que resgatou Duhem e segundo porque foram tiradas dele as primeiras impressões da tese Duhem-Quine. É importante fazermos algumas ressalvas a respeito do holismo e da subdeterminação na obra geral de Quine. Apesar de todos os comentadores de Quine reconhecerem a dificuldade que o sistema quineano apresenta, fruto de um movimento de vai-e-vem que joga com os principais conceitos com que ele trabalha, esses mesmos comentadores não estão em acordo quanto a posição e o grau de importância que certos temas ocupam na filosofia quineana.

Em especial, as duas teses que estamos tentando esclarecer, a saber, o holismo e a subdeterminação, desencadeiam inúmeros debates entre os especialistas das obras de Quine. O que dificulta um consenso é que certos conceitos e teses da filosofia quineana sofreram várias mudanças ao longo dos anos. A tese da subdeterminação é um grande exemplo de um problema que sofreu ao menos três alterações durante as reflexões do filósofo americano. O fato de que Quine mudou algumas vezes a formulação da tese, talvez seja a razão pela qual a tese Duhem-Quine também encontra dificuldades em ser apresentada.

Para Passos Severo¹⁸², muitos autores confundem sistematicamente as noções de subdeterminação e holismo no interior da filosofia quineana. Para ele, a tese da subdeterminação não é uma doutrina fundamental e não afeta outros aspectos da filosofia de Quine, ao contrário do holismo. A subdeterminação, na doutrina de Quine, só é plausível dada a verdade do holismo, uma das teses mais importantes para Quine, segundo o comentador.

¹⁸⁰ ARIEW, 1984, p. 315.

¹⁸¹ ARIEW, 1984, p. 315.

¹⁸² SEVERO, 1995 e 2011.

Severo expõe o holismo mais ou menos da mesma maneira que mencionamos algumas vezes: “É a tese segundo a qual frases isoladas em geral não têm como ser confirmadas ou refutadas pelas observações. Em geral, são apenas conjuntos relativamente grandes de frases que podem ser confirmados ou refutados”. Porém, o problema maior reside no fato de que a segunda tese (subdeterminação) *não é sequer evidente como formulá-la*. Ora aparece como uma tese plausível, ora como uma conjectura, e as suas consequências filosóficas não são muito claras. Uma formulação madura dessa tese pode ser vista depois de 1975, mas ela foi concebida em termo de traduzibilidade, afirma Severo. Embora ela faça parte de uma teia de conceitos que não trataremos aqui¹⁸³, destacamos a leitura abaixo, feita por Severo, sobre o problema em questão.

O que importa na formulação da tese da subdeterminação de teorias é o como caracterizar a rivalidade que pode haver entre teorias empiricamente equivalentes. A solução final de Quine consiste em dizer que são rivais teorias empiricamente equivalentes que não são inter-traduzíveis. (...) Os exemplos relevantes de subdeterminação são aqueles em que não há (ou não temos acesso a) um manual de tradução entre duas teorias empiricamente equivalentes. Por serem empiricamente equivalentes, as teorias em questão concordam no que diz respeito às frases observacionais. Portanto, a rivalidade (e assim a não-traduzibilidade) tem de ocorrer nas frases teóricas. Mas disso não podemos concluir a priori que haverá divergência na ontologia, embora isso seja esperado. Em princípio ao menos, é possível que a não-traduzibilidade fique restrita aos princípios teóricos dessas teorias: teríamos então duas teorias que postulam os mesmos objetos, mas os descrevem com predicados não-intertraduzíveis.¹⁸⁴

6- A tese holista em *A Teoria Física*, de Duhem

A formulação original da tese holista de Duhem é encontrada no artigo de 1894¹⁸⁵, resumidamente, da seguinte maneira:

Em resumo, o físico jamais pode submeter ao controle da experiência uma hipótese isolada, mas somente todo um conjunto de hipóteses. Quando a experiência está em desacordo com suas previsões, ela lhe informa que pelo

¹⁸³ Por exemplo, os conceitos Indeterminação da referência e Relatividade ontológica.

¹⁸⁴ SEVERO, 2011, p. 105-106.

¹⁸⁵ *Quelques Réflexions au sujet de La Physique Expérimentale (1894)*

menos uma das hipóteses que constituem esse conjunto está errada e deve ser modificada, mas ela não lhe indica aquela que deve ser mudada.¹⁸⁶

A contribuição de Duhem com essa conclusão foi mostrar qual é a relação da teoria com a evidência na verdadeira prática da experimentação, baseado no exame cuidadoso de como os físicos realmente trabalham; ou seja, a sua preocupação estava voltada ao estudo da complexidade da experimentação que envolve sempre todo o conjunto da teoria. Ele começa, portanto, da análise de casos de refutação experimental: o que acontece quando as consequências de uma teoria são refutadas pelo experimento?

Vimos na primeira parte desse trabalho que, para Duhem, uma teoria da física é um conjunto de pressupostos, que envolvem hipóteses fundamentais e auxiliares que, quando testadas, sofrem o controle experimental de forma global. Se a predição da teoria é refutada, a teoria toda está comprometida. O problema enfrentado pela epistemologia e, sobretudo, pela metodologia da ciência, é saber o que fazer então com esses casos de refutação. Para Duhem, não existem razões lógicas que justifiquem o abandono da teoria inteira. Não podemos afirmar que a teoria é falsa quando está em desacordo com o experimento.

Algumas consequências são tiradas do holismo duhemiano, e podem ser numeradas da seguinte maneira, como Emiliano Trizio¹⁸⁷ propôs:

- 1- Ao testar uma hipótese da física é necessário contar com um amplo conjunto de suposições. Quanto mais preciso for o experimento, maior será o conjunto de pressupostos.
- 2- Quando há uma contradição entre o resultado da experiência e as consequências da teoria, não se pode afirmar que houve uma refutação, pois esta é sempre ambígua, uma vez que, a experiência não indica qual suposição precisa ser alterada.
- 3- A física não é uma estrutura elaborada por um conjunto de hipóteses que podem ser comparadas com a experiência, uma por uma. Ela é um sistema holístico que enfrenta a experiência em sua totalidade.
- 4- Não há experiência crucial na física capaz de levar à refutação conclusiva de uma hipótese.
- 5- A experiência e a lógica, indutiva ou dedutiva, são incapazes, por si mesmos, de orientar a escolha do físico. A sua liberdade e o seu “bom senso” são determinantes na escolha das hipóteses que devem ser abandonadas em face de uma experiência recalcitrante.

¹⁸⁶ DUHEM, 1989b, p. 95.

¹⁸⁷ TRIZIO, E. *The Duhem Thesis, The Quine Thesis and the problem of meaning holism in scientific theories*. 2001.

Não encontramos, dentre as consequências listadas acima, uma referência direta à tese da subdeterminação. Isso porque o autor ressalva que a *noção* de subdeterminação é encontrada em Duhem para combater uma forma de realismo científico, mas não sublinha a existência da relação entre essa noção e o holismo¹⁸⁸ (é importante dizer que Duhem nunca utilizou o termo ‘subdeterminação’). Para o autor, Duhem vê a noção de subdeterminação como uma consequência lógica do método hipotético-dedutivo, uma vez que, o teórico não pode fazer mais que sugerir hipóteses consistentes com os fenômenos, ele nunca terá a certeza de que outras hipóteses não fariam o mesmo trabalho igualmente satisfatório. Uma hipótese colocada por Trizio é que o holismo não tem uma relação direta com o a tese da subdeterminação da teoria pela evidência, mas serve como um suporte a mais em relação à credibilidade dessa última.

Algumas outras considerações sobre a determinação da teoria pela evidência em Duhem devem ser feitas. Vimos que na epistemologia de Duhem as teorias da física não têm como objetivo nos revelar a natureza dos fenômenos. A sua meta é classificar um conjunto de leis enunciadas na linguagem das matemáticas. Por esse meio, é possível que existam numerosas teorias que expliquem os mesmos fenômenos. Porém, embora existam casos em que duas teorias são logicamente aceitáveis, que representem o mesmo conjunto de fenômenos, existem também meios razoáveis de verificar se elas são ou não igualmente plausíveis.

Embora as escolhas das hipóteses que compõem a teoria sejam inteiramente arbitrárias, como afirma Duhem, o instrumento lógico impõe ao físico algumas exigências: (a) todas essas hipóteses devem ser compatíveis e independentes entre si, (b) a teoria não pode recorrer a hipóteses inúteis, (c) as hipóteses devem ser reduzidas a um número mínimo e (d) a teoria não pode deduzir consequências de hipóteses incompatíveis. Porém, imaginemos a seguinte situação:

A respeito de uma mesma classe de fenômenos pode haver várias teorias, todas fundadas sobre hipóteses claramente enunciadas, todas logicamente construídas, todas em acordo satisfatório com os fatos que elas pretendem representar: a ótica nos oferece um exemplo vivo disso. Logicamente, todas essas teorias são aceitáveis. Resulta disso que elas sejam todas equivalentes? Nenhum critério lógico decide entre elas. Resulta disso que não possamos ter nenhum motivo razoável para preferir uma à outra?¹⁸⁹

¹⁸⁸ TRIZIO, 2001, p. 26

¹⁸⁹ DUHEM, 1989a, p. 32.

Três atributos podem ser considerados no caso acima: a extensão da teoria, o número de hipóteses e a natureza das hipóteses. Em relação à extensão, quando duas teorias abarcam o mesmo fenômeno, deve-se preferir aquela que abarca outras classes de fenômenos a mais. Quando duas teorias possuem a mesma extensão, então se deve preferir aquela que abarca o menor número de hipóteses. Porém, quando duas teorias possuem a mesma extensão e o mesmo número de hipóteses é a natureza dessas hipóteses quem dita a razoabilidade na escolha entre elas. Aquela de natureza mais simples, mais natural, que traduza mais facilmente os dados da experiência deve ser eleita a melhor.

Mostraremos um exemplo utilizado pelo próprio Duhem para ilustrar o que acabamos de dizer: a teoria da dupla refração de Gabriel Lamé em comparação com a teoria de Augustin-Louis Cauchy, ambos franceses. A teoria da dupla refração estava baseada em duas hipóteses, a saber, “em cada direção o meio propaga duas ondas, e a cada uma dessas ondas corresponde uma direção de vibração situada na onda”. As hipóteses da teoria de Cauchy, por sua vez, diziam respeito à natureza do éter, cujo sentido físico era difícil de apreender, de tal forma que a verificação experimental era improvável. Da primeira teoria, pode-se afirmar que as suas hipóteses são mais claramente compreendidas, pois não é difícil saber quais leis são representadas por ela. De certo, se pode assegurar que a teoria de Lamé é preferível e mais razoável, diante da teoria de Cauchy. Em resumo:

Assim, afirmando que a física matemática não é a explicação do mundo material, mas uma simples representação das leis descobertas pela experiência, evitamos a obrigação de declarar verdadeira, para cada ordem de fenômenos, uma teoria por exclusão a qualquer outra. Porém não estamos por isso condenados a adotar todas as teorias, logicamente constituídas, de um mesmo conjunto de leis: para escolher entre elas, possuímos regras seguras que frequentemente nos permitirão preferir razoavelmente uma delas a todas as outras.¹⁹⁰

O que pode ser dito, sem dúvidas, é que a natureza global da ciência empírica, tal qual imaginou Duhem, adiciona graus de liberdade para a pesquisa do teórico em direção a uma teoria bem sucedida. Tal liberdade não reside apenas no campo teórico, mas também no

¹⁹⁰ DUHEM, 1989a, p. 33.

âmbito experimental. Isso é certamente o que Duhem pretendeu defender ao discutir o problema segundo o qual as teorias são testadas em bloco e, quando há contradição, é o sistema de hipóteses, e não uma hipótese particular, que é contradita.

Quando certas consequências de uma teoria são refutadas pelo experimento, aprendemos que essa teoria deve ser modificada, porém não nos é dito pelo experimento o que deve ser mudado. Ele deixa para o físico a tarefa de encontrar o ponto fraco que atrapalha todo o sistema. Nenhum princípio absoluto dirige essa busca, que diferentes físicos podem conduzir de formas muito diferentes, sem terem o direito de acusar um ao outro de ilogicidade.¹⁹¹

Portanto, o físico pode, legitimamente, seguir caminhos diferentes a partir dos resultados dos testes que realizam. Para Trizio, o holismo aumenta a possibilidade de multiplicação de programas de investigação¹⁹². O alto grau de liberdade atribuído aos físicos permitindo a eles percorrerem diferentes caminhos, guiados por suas diferentes escolhas, é muito mais plausível, segundo o autor, do que afirmar a tese das teorias subdeterminadas pela evidência. Esse é apenas um ponto colocado pelo autor, sem maiores investigações, porém é, certamente, uma questão interessante que carece de investigações futuras.

Voltando a tese Duhem-Quine: ao contrário de Quine, Duhem não afirma que quando há algum conflito com a experiência podemos sempre fazer ajustes suficientes em outras partes do sistema para manter a teoria verdadeira, *aconteça o que acontecer*. A tese de Duhem é muito mais fraca: como a experiência não indica onde a teoria falhou, não apenas a hipótese principal deve ser posta em dúvida, como também todo o conjunto teórico. Dessa forma, o físico possui ao menos dois caminhos:

Um (físico), por exemplo, pode supor necessário salvaguardar certas suposições fundamentais, ao mesmo tempo em que se esforça – complicando o esquema a que essas suposições se aplicam, invocando várias fontes de erro, multiplicando as correções – por restaurar o acordo entre as consequências da teoria e os fatos. O outro, desdenhando tais procedimentos complicados e artificiais, pode decidir mudar algumas das afirmações essenciais que suportam todo o sistema¹⁹³.

¹⁹¹ DUHEM, 2014, p. 259.

¹⁹² TRIZIO, 2001, p. 26.

¹⁹³ DUHEM, 2014, p. 259.

Qual dos dois físicos estaria agindo corretamente? Temos razões para preferir o trabalho de um ao trabalho do outro? Se sim, essas razões decorrem da lógica? Duhem não opta por nenhum dos pontos de vistas acima, ele afirma, contudo, que “existem motivos que não decorrem da lógica e, que, no entanto, dirigem nossas escolhas, essas razões que a ‘razão desconhece’, que falam ao espírito de fineza e não ao espírito geométrico, constituem isso que é apropriadamente chamado de *bom senso*”.¹⁹⁴ A grande frase de Duhem segundo a qual *o bom senso é o juiz das hipóteses que devem ser abandonadas*¹⁹⁵ mostra um caminho em direção a noção de convenção na ciência¹⁹⁶.

O sentido de bom senso que estamos tratando aqui caracteriza o desenvolvimento espiritual (ou intelectual) do cientista em sua prática científica contínua. Essa noção de bom senso, como afirma Duhem, não possui o mesmo rigor implacável da lógica, tampouco se manifesta da mesma forma em todas as mentes. Uma vez que o critério da experiência é menos poderoso do que muito se imaginou, são valores morais que permitem decidir quando uma hipótese foi refutada ou quais hipóteses devem ser substituídas.

*A crítica experimental saudável de uma hipótese está subordinada a certas condições morais. Para avaliar com precisão o acordo de uma teoria física com os fatos, não é suficiente ser bom geômetra e experimentador habilidoso, é necessário ainda ser juiz justo e imparcial*¹⁹⁷.

¹⁹⁴ DUHEM, 2014, P. 260.

¹⁹⁵ Para uma discussão aprofundada sobre a noção de bom senso em Duhem ver: LEITE, F. *A metodologia do senso comum - Um estudo da metodologia científica de Pierre Duhem*. Dissertação de mestrado - USP. São Paulo: 2006.

¹⁹⁶ Na obra A. Brenner, *Les origines françaises de la philosophie des sciences* (2003), o autor defende que a epistemologia francesa nasceu com a corrente convencionalista na virada do século XIX para o XX, com nomes como Duhem, Poincaré e Le Roy. A liberdade dos pensadores em relação à escolha das hipóteses e a crítica à visão clássica da ciência constituem o ponto de contato entre as diversas formas de convencionalismo. O holismo duhemiano é um dos pilares da corrente convencionalista, juntamente com o pensamento de Poincaré quando este utilizou a noção de convenção para qualificar os postulados da geometria.

¹⁹⁷ DUHEM, 2014, p. 261.

CONCLUSÃO

A concepção duhemiana da teoria física, tal como descrevemos aqui, é objeto de alguns debates no campo da epistemologia contemporânea. A argumentação a favor da teoria física enquanto representação das leis descobertas pela experiência, em oposição ao seu caráter explicativo da essência dos fenômenos, engloba uma série de consequências para grandes questões filosóficas da ciência. Apesar de ter sofrido diversas condenações por parte de filósofos interessados no debate entre realismo e antirrealismo, como é o caso do filósofo austríaco Karl Popper, um grande opositor da visão duhemiana, é inegável que o pensamento de Duhem contribuiu para a consolidação de uma nova imagem da ciência no século XXI.

Duhem submeteu o método experimental e suas várias etapas, como observação, interpretação e a construção da teoria, a uma análise crítica que acabou contribuindo, juntamente com outros filósofos de sua época, para uma mudança nos fundamentos da visão tradicional da ciência. Essa nova interpretação contou ainda com um valioso estudo da história da ciência e com o conhecimento da atmosfera da prática da pesquisa científica - qualidade inerente aos 'cientistas-filósofos' da virada do século XIX para o XX. É válido notar que as pesquisas históricas de Duhem tiveram um profundo impacto em sua metodologia, sobretudo em seus textos da maturidade.

Consciente de que estava contradizendo a epistemologia tradicional, Duhem defendeu o caráter holista da ciência, colocando em causa representações clássicas, como a refutação de uma hipótese isolada, o método indutivo de pesquisa e os experimentos cruciais. Duhem defendeu que o controle experimental em física se relaciona, necessariamente, com a tese da impregnação teórica da observação. A tese da impregnação teórica implica na ideia de que existem conceitos e teorias pressupostos em todas as observações - as experiências dos cientistas não são realizadas no vazio, sem teorias previamente aceitas por eles. É importante ressaltar que, para Duhem, esta tese diz respeito apenas à experiência da física; ela se dá dentro do laboratório e não no âmbito da experiência ordinária, do senso comum. Portanto, em toda experiência da física se faz necessário a presença de várias hipóteses teóricas, de modo que a teoria, quando submetida ao controle experimental, sempre recebe a confirmação ou infirmação de maneira global, abrangendo as hipóteses fundamentais (princípios fundamentais) e demais hipóteses (ou hipóteses auxiliares).

Contudo, Duhem evidencia que o confronto com a experiência ainda é o melhor critério para decidir se uma teoria é adequada ou não para representar as leis, sobretudo porque apenas o controle dos fatos pode dar à teoria um *valor físico*. Mas enfatiza que “o único controle experimental da teoria física que não é ilógico é comparar o *sistema inteiro* da teoria física a *todo o conjunto* de leis experimentais e avaliar se este é representado por aquele satisfatoriamente”¹⁹⁸. Porém, esse método de avaliar as teorias não torna a sua aceitação ou recusa algo definitivo, uma vez que a evidência de que dispomos é incapaz de apontar incisivamente onde se encontra os sucessos ou insucessos preditivos das teorias. Por isso Duhem defende que sejam invocados elementos extra-lógicos na escolha das hipóteses, sugerindo assim um viés convencionalista para a ciência.

Embora muitos autores defendam a filosofia duhemiana como uma filosofia convencionalista, isso ainda é objeto de discussão. Efetivamente, muitos elementos da sua epistemologia indicam uma postura convencionalista e, portanto, se faz preeminente analisar se a filosofia de Pierre Duhem se aproximaria da versão revolucionária ou conservadora da corrente convencionalista. Ambas as versões do convencionalismo acreditam que teorias científicas são frutos de convenções entre os cientistas, porém o convencionalismo conservador defende que em face de qualquer contraevidência empírica adicionam-se hipóteses auxiliares a fim de conservar a teoria a todo custo; o convencionalismo revolucionário, por sua vez, defende que devam existir critérios para a manutenção ou abandono das teorias diante da possibilidade de existir teorias melhores. As ideias duhemianas parecem apontar para a versão revolucionária. Mas cabem ainda muitos estudos a esse respeito. A falta de unanimidade em harmonizar a filosofia de Duhem em uma corrente seja convencionalista, instrumentalista, realista ou antirealista, acontece não apenas pela própria complexidade em delimitar os termos acima, mas também pela dificuldade em compreender o sistema duhemiano em seu conjunto, que abarca elementos históricos, filosóficos e científicos.

Quanto à tese Duhem-Quine e suas diferentes formulações, sobretudo as mais radicais, podemos afirmar que ela traz à tona a importante discussão sobre a questão do fundamento da ciência enquanto ciência objetiva. A possibilidade de existir diferentes teorias que compreendem o mesmo fenômeno - pluralismo teórico - acarretaria o que os filósofos chamam de relativismo científico, a maior ameaça à objetividade científica. No holismo

¹⁹⁸ DUHEM, 2014, p. 242.

duhemiano, as teorias devem ser consideradas em termos de “plausibilidade” ou “aceitabilidade” e não como verdades absolutas ou universais. Assim, uma importante questão se coloca: a liberdade inerente à atividade científica, muitas vezes defendida por Duhem, não é possível se a vestem como uma forma de relativismo.

As diferentes interpretações e aplicações da tese Duhem-Quine nos abrem um largo caminho para investigações futuras sobre questões levantadas neste trabalho, mas de desenvolvimento limitado por nós. Lança questões hoje estudadas pela sociologia da atividade científica que compreende a ciência como parte integrante da cultura e da sociedade. Enfim, uma abordagem da ciência como construção e não como invenção.

De fato, a narrativa que apresentamos expõe a complexa relação entre experiência e teoria, e o modo como Duhem coloca a problemática da comprovação da teoria por meio da experiência revela que o autor é completamente antidogmático quanto ao método e aos resultados da ciência. O estudo duhemiano sobre a ciência nos mostra como esta é uma construção humana que não deve seguir um único caminho determinado por um método racional, pelo contrário, ela segue, sobretudo, um caminho que é resultado de decisões entre os cientistas, valorizando aquilo que todos os homens têm como atributo de sua condição: a moral.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, P. **Imagens de natureza, imagens de ciência**. Campinas, SP: Papirus, 1998
- AMARO, A. **A crítica de Pierre Duhem ao Experimento Crucial**. Dissertação de mestrado pela Universidade São Judas Tadeu. São Paulo, 2009.
- ARIEW, R. The Duhem Thesis. **The British Journal for the Philosophy of Science**. Vol.35, N.4, p. 313-25, Dezembro, 1984.
- BEN-DOV, Y. **Convite à Física**. Trad. de Maria Luiza X. de A. Borges. (Ciência e Cultura) Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1996.
- BONK, T. **Underdetermination - An essay on Evidence and the Limits of Natural Knowledge**. Reihe Boston Studies in the Philosophy of Science. New York: Springer, 2008.
- BRAVERMAN, C. **Duhem - objectifs et prises de notes relatives à la littérature secondaire**. Université de Bourgogne - UFR de Philosophie. Fevereiro, 2013.
- BRENNER, A. **Duhem, science, réalité et apparence**. Paris: Vrin, 1990.
- BRENNER, A (org). French studies in the philosophy of science. **In boston studies in the philosophy of science**. Vol. 276. Springer, 2009.
- BULCÃO NASCIMENTO, M. O Holismo Quineano e a Ciência sem Dogmas. **Praxis Filosófica**, v. I, p. 99-116, 2009.
- CHIAPPIN, J. A Teoria Dinâmica do Conhecimento de Duhem: um Termo Médio Entre a Concepção Metafísica Clássica da Ciência e a Concepção do Convencionalismo/Pragmatismo (Poincaré). **Trans/Form/Ação**, Marília, v. 34, n. 2, p. 103-134, 2011
- DUHEM, P. **A teoria física: seu objeto e sua estrutura**. Trad. de Rogério Soares da Costa. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2014.
- _____, P. **Salvar os fenômenos**. Tradução de Roberto de Andrade Martins. Livro publicado em: Cadernos de História e Filosofia da Ciência (suplemento 3): 1-105, 1984.
- _____, P. **Algumas reflexões sobre as teorias físicas**. Tradução de Marta da Rocha e Silva e Mônica Fuchs. In: MARICONDA, P.R. (Org.) A filosofia da física de Pierre Duhem. Revista Ciência e Filosofia. nº 4, São Paulo, 1989a.

_____, P. **Algumas reflexões acerca da física experimental**. Tradução de Nivaldo de Carvalho. In: MARICONDA, P.R. (Org.) A filosofia da física de Pierre Duhem. Revista Ciência e Filosofia. nº 4, São Paulo, 1989b.

_____, P. **Física e Metafísica**. Tradução de Antonio Marcos de A. Levy. In: MARICONDA, P.R. (Org.) A filosofia da física de Pierre Duhem. Revista Ciência e Filosofia. nº 4, São Paulo, 1989c.

_____, P. **A Escola Inglesa e a Teoria Física**. Tradução de Pablo Mariconda. In: MARICONDA, P.R. (Org.) A filosofia da física de Pierre Duhem. Revista Ciência e Filosofia. nº 4, São Paulo, 1989d.

_____, P. **Física do Crente**. Tradução de José Luiz Rebello. In: MARICONDA, P.R. (Org.) A filosofia da física de Pierre Duhem. Revista Ciência e Filosofia. nº 4, São Paulo, 1989e.

_____, P. **O Valor da Teoria Física**. Tradução de Edécio Plenas Gomes. In: MARICONDA, P.R. (Org.) A filosofia da física de Pierre Duhem. Revista Ciência e Filosofia. nº 4, São Paulo, 1989f.

DUTRA, A. **Introdução à Teoria da Ciência**, Florianópolis: Editora da UFSC, 1998.

ELIE, F. **Biographie succincte de Pierre Duhem**. ACCUEIL, Junho, 2008

FITAS, A. **Mach: o positivismo e as reformulações da mecânica do século XIX**. Seminário sobre O Positivismo. Actas do 3º Encontro de Évora sobre História e Filosofia da Ciência, Évora, Universidade de Évora, pp 115-134, 1998.

FRENCH, S. **Ciência: conceitos-chave em filosofia**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

HACKING, I. **Representar e intervir – Tópicos introdutórios de filosofia da ciência natural**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2012.

HARDING, S. **Can theories be refuted? Essays on the Duhem-Quine Thesis**. Synthese library, v. 81: Dordrecht, 1976.

JAKI, S. **Uneasy genius : the life and work of Pierre Duhem**. Dordrecht/Boston/Lancaster: Martinus Nijhoff, 1987.

KRAGH, H. **A Sense of Crisis: Physics in the fin-de-siecle Era**. In: arXiv:1207.2016 [physics.hist-ph]. 2012. p.1-35

KOCHE, J. **Pesquisa científica - Critérios Epistemológicos**. Editoras Vozes. São Paulo, 2005.

LAUDAN, L. Teorias do Método Científico de Platão a Mach. Trad. de Balthazar Barbosa filho. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, Campinas, Série 3, v. 10, n. 2, p. 9-140, jul.-dez. 2000.

LAUGIER, S. Science and Realism: The Legacy of Duhem and Meyerson in Contemporary American Philosophy of Science. In: **French Studies in the Philosophy of Science**. Springer: 2009, p. 91-112.

LOOSE, J. **Introdução Histórica à Filosofia da Ciência**. Tradução: Borisas Cimbliris. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1979.

LEITE, F. **A metodologia do senso comum: Um estudo da metodologia científica de Pierre Duhem**. Dissertação de mestrado. Depto. de filosofia, F. F. L. C. H. da USP, São Paulo, 2007.

LEITE, F. **Um estudo sobre a Filosofia da história e Sobre a Historiografia da Ciência de Pierre Duhem**. Tese de doutorado. Depto. de filosofia, F. F. L. C. H. da USP, São Paulo, 2012.

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

MARCOS, A. **Pierre Duhem y el Positivismo**. Conferencia realizada na Universidade Externado de Colombia. Bogotá, 2005.

MARICONDA, P. **A teoria da ciência em Pierre Duhem**. Tese de doutorado, Depto. de filosofia, F. F. L. C. H. da USP, São Paulo, 1986.

MARICONDA, P. Pierre Duhem: Uma Reavaliação da Leitura Duhemiana de Galileu. ÉVORA, F. (ed.): **Ciência no Século XIX**, 123-60. Campinas: CLE, 1994.

MONGIN, F. **Duhemian themes in expected utility theory**. Paris: IHPST éditions, Cahier DRI, 2008.

MONGIN, F. Problèmes de Duhem en théorie de l'utilité espérée. **Dans Fundamenta Scientiae**, tome 9, pp. 289-317, 1988.

MOSER, P. **A teoria do conhecimento: uma introdução temática**. Paul k. Moser, Dwayne H. Mulder, J. D. Trout; Trad. Marcelo Brandão Cipolla. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2009.

NEURATH, O. A concepção científica do mundo – O círculo de Viena. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência** 10, PP 5-20, 1986

OLIVEIRA, A. Classificação natural: a meta da teoria física para Pierre Duhem. **Caderno UFS filosofia**, n. 6, PP 23-34. Julho/Dezembro 2009.

OMNÉS, R. **Filosofia da Ciência contemporânea**. Tradução: Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1996.

OEULBANI, M. **O Círculo de Viena**. Tradução: Marcos Marcionillo. São Paulo, Parábola editorial. Coleção: Episteme, 2009.

PATY, M. **Mach et Duhem: L'épistemologie de "savants-philosophes"**. Manuscrito, 9 :(1), 11-49.

PATY, M. Pierre Duhem. **Encyclopaedia Universalis: Dictionnaire des Philosophes**, 479-84. Albin Michel, 1998.

PAULA, J. B. O termo axioma de Platão à Modernidade: reflexões interpretativas fundamentadas no pensamento sobre complementaridade otteano. **Caminhos da Educação Matemática em Revista/On line** - V. 3, n. 1, 2015. p. 31-65.

PEREIRA, L. S. e FREIRE Jr. O. As doutrinas positivistas de Auguste Comte e Ernst Mach: diferentes posturas em relação ao atomismo no século XIX. **Anais - XVI Encontro Nacional de Ensino de Química (XVI ENEQ) e X Encontro de Educação Química da Bahia (X EDUQUI)**. Salvador, 2012.

PICARD, M. **La vie et l'ouvre de Pierre Duhem**. Séance Publique Annuelle du 12 décembre. Endereço eletrônico: http://www.academie-sciences.fr/membres/in_memoriam/Picard/Picard_pdf/Picard_Duhem.pdf.

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

_____, K. **A lógica da pesquisa científica**. Tradução: Leonidas Hegenberg e Octanny da Mota. São Paulo: Editora Cultrix, 2007.

QUINE, W. **From a Logical Point of View**, Harvard University Press: Cambridge, Massachusetts. 1953.

_____, W. Dois dogmas do Empirismo. In: **De um ponto de vista lógico**. Trad. Marcelo Guimarães da Silva Lima. São Paulo: Abril Cultural, 1980. (Os pensadores)

SEVERO, R. **Theories and Reality: Five Essays on Quine and Underdetermination**. Tese de doutorado : University of Illinois. Chicago, 2006.

_____, R. **Realismo, subdeterminação e indeterminação em Quine**. Sképsis, ano IV, n 6, pp. 95-197, 2011.

STOFFEL, J. F. Pierre Duhem: Un savant-philosophe dans le sillage de Blaise Pascal. **Revista Portuguesa de Filosofia**, 63 - 2007.

SOUZA FILHO, O. **Os princípios da termodinâmica e a teoria da ciência em Pierre Duhem**, Tese de doutorado. São Paulo: USP, 1996.

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

VIDEIRA, A. Metafísica, Físicos, Valores: Um ensaio sobre a crise dos fundamentos das ciências naturais na passagem do século XIX para o século XX. **Ensaio Filosófico**, Volume IV, p. 186-214. Outubro/2011