

ANÁLISE FILOSÓFICA SOBRE A DEFINIÇÃO DOS CONCEITOS TEÓRICOS

PHILOSOPHICAL ANALYSIS ON THE DEFINITION OF THEORETICAL CONCEPTS

Douglas Antonio Bassani¹

Recebido em: 11/2019

Aprovado em: 03/2020

Resumo: Esta pesquisa tem como objetivo resgatar e analisar as concepções de Herbert Feigl e de Percy Bridgman em relação a forma como são definidos os conceitos das teorias das ciências da natureza. O texto de base da pesquisa é o artigo de Feigl de 1970 intitulado *The 'orthodox' view of theories: remarks in defense as well as critique* onde nele são feitas defesas e também críticas importantes à concepção ortodoxa da ciência do início do século XX. Além deste, analisamos duas importantes obras de Bridgman, a saber, *The Nature of Physical Theories* (1936), publicada nove anos após a primeira obra de Bridgman de 1927, e *A physicist's second reaction to Mengenlehre* (1934). No artigo de Feigl é feita uma defesa da existência de conceitos primitivos nas teorias e de que eles são definidos apenas parcialmente pelo conjunto de axiomas a que ele pertence. Esta é uma defesa da independência da experiência de alguns conceitos teóricos, ou seja, independência da necessidade de verificação empírica para a determinação do significado deles. Com efeito, há um questionamento de Feigl em relação à possibilidade de definição operacional de todos os conceitos teóricos. Apresentaremos uma análise desta crítica e também um questionamento a ela. Será necessário também, para nossa exposição, abordar a questão dos fundamentos das teorias das ciências da natureza, uma questão muito pertinente na época aos físicos, filósofos, etc., em particular, sobre quais problemas as teorias das ciências da natureza enfrentavam neste período, para entender os principais desafios da época em relação à consistência de estruturas teóricas e na construção de uma explicação filosófica também consistente sobre o desenvolvimento teórico.

Palavras-chave: Herbert Feigl; Percy Bridgman; Operacionalismo; Empirismo lógico; Conceitos primitivos.

Abstract: This research aims to rescue and analyze the conceptions of Herbert Feigl and Percy Bridgman in relation to the way the concepts of the theories of natural sciences are defined. The base text of the research is Feigl's 1970 article entitled *The Orthodox View of theories: Remarks in Defense as well as Critique* where defenses are made, as well as important critiques of the orthodox conception of early twentieth-century science. In addition to this, we analyze two important works by Bridgman, namely *The Nature of Physical Theories* (1936), published nine years after Bridgman's first work of 1927, and *A Physicist's Second Reaction to Mengenlehre* (1934). In Feigl's article a defense is made of the existence of primitive concepts in theories and that they are only partially defined by the set of axioms to which he belongs. This is a defense of

¹ Doutor em Filosofia pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Professor do Curso de Filosofia na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE – campus Toledo – PR). E-mail: douglasbassani@uol.com.br

the independence of the experience of some theoretical concepts, that is, independence of the need for empirical verification to determine their meaning. In fact, there is a question from Feigl regarding the possibility of operational definition of all theoretical concepts. We will present an analysis of this critique and also a question to it. It will also be necessary for our exposition to address the fundamentals of natural science theories, a very pertinent question at the time for physicists, philosophers, etc., in particular, about what problems natural science theories faced in this period, to understand the main challenges of the time regarding the consistency of theoretical structures and the construction of a consistent philosophical explanation of theoretical development.

Keywords: Herbert Feigl; Percy Bridgman; Operationalism; Logical empiricism; Primitive concepts.

Introdução

Herbert Feigl e Percy W. Bridgman estabeleceram contato pessoal a partir de 1931 na Universidade de Harvard quando Feigl migrou para os Estados Unidos para lecionar Filosofia em universidades americanas, em particular, desenvolvendo pesquisas sobre temas ligados à Filosofia da Ciência e à Filosofia da Mente. Herbert Feigl (1902-1988) nasceu em Reichenberg (atual Liberec), na Boêmia (parte do Império Austro-Húngaro, atual República Tcheca). Foi membro do Círculo de Viena, participando dele até 1930 quando membros das universidades começaram a ser perseguidos pelo partido nazista. Ainda na Europa, teve contato com filósofos como Ludwig Wittgenstein e com o jovem Karl Popper, além de Moritz Schlick, seu orientador e também fundador do Círculo de Viena. Nos Estados Unidos trabalhou na Universidade de Iowa e na Universidade de Minnesota e estabeleceu contatos importantes não apenas com Bridgman, mas também com filósofos importantes como W. Quine, W. Sellars, entre outros.

Percy W. Bridgman (1882-1961) nasceu em Cambridge e desenvolveu pesquisas na área de Física durante boa parte de sua vida, porém é notável também sua preocupação com questões filosóficas em suas obras, tornando-se cada vez mais interessado nelas com o passar dos anos. As questões de filosofia já aparecem em sua primeira e talvez sua mais importante obra filosófica, intitulada *The Logic of Modern Physics* (1927), onde destaca a influência de Einstein em suas ideias na Física e também na Filosofia, em particular, em relação ao significado dos conceitos científicos. Estudou Física e também foi professor da Universidade de Harvard a partir de 1910, permanecendo nela como professor até se aposentar. Filosoficamente desenvolveu uma concepção chamada “Operacionalismo” que procurava definir o significado dos conceitos das teorias através de procedimentos operacionais levados à cabo, seja através de operações físicas aos conceitos físicos ou empíricos, seja através de

operações papel-e-caneta² para os conceitos não-físicos ou não-empíricos, como conceitos da Lógica, da Matemática, das equações teóricas, etc. Suas contribuições para a Filosofia aparecem em praticamente todas as suas obras, demonstrando que além da preocupação com problemas da Física, Bridgman também se preocupava com a boa relação interdisciplinar entre as áreas, trazendo o debate filosófico para o ambiente das teorias das ciências da natureza e também para as ciências formais. Porém, não deixou de contribuir significativamente para a própria Física, com contribuições notáveis em várias áreas, em particular, em pesquisas sobre física de “altas pressões”, onde recebeu o prêmio Nobel de Física em 1946 pelo resultado de seu trabalho.

Esta pesquisa se baseou no artigo de Herbert Feigl intitulado *The ‘orthodox’ view of theories: remarks in defense as well as critique* de 1970³, onde são feitos comentários de defesa e também de crítica da chamada “visão ortodoxa da ciência”, cuja epistemologia é defendida pelo empirismo lógico do Círculo de Viena no início do século XX. Neste artigo, de forma resumida, Feigl apresenta algumas das principais ideias defendidas pelo empirismo lógico e também a defesa da interpretação parcial dos conceitos teóricos, para os chamados “conceitos primitivos”. Uma distinção entre os conceitos científicos, sobre a linguagem observacional e teórica, sobre a interpretação teórica ou não da experiência, etc., são os principais pontos abordados por Feigl neste artigo.

Sobre os escritos de Bridgman, duas obras serão destacadas neste artigo: a primeira delas é sua *The Nature of Physical Theories* (1936), publicada nove anos após a sua primeira obra de 1927, a qual fizemos referência acima. A segunda obra é *A physicist’s second reaction to Mengenlehre* (1934), onde aparecem as principais análises de Bridgman em relação aos conceitos matemáticos.

No artigo de Feigl temos uma breve exposição e crítica ao operacionalismo de Bridgman, motivando esta pesquisa para procurar entender a crítica de Feigl com aquilo que é descrito por Bridgman em suas obras. Por isso, nele iremos questionar o argumento crítico de Feigl ao operacionalismo e expor de maneira resumida a forma como a concepção operacional procurou atribuir significado aos conceitos teóricos. Historicamente, Bridgman reconhecia algumas críticas feitas a concepção operacional na ciência na época. De maneira geral, sua postura foi de procurar fazer do operacionalismo uma concepção aceitável não apenas entre os

² Em suas primeiras obras Bridgman caracteriza as operações papel-e-caneta como operações mentais. Porém, em trabalhos posteriores foi substituindo o termo por operações papel-e-caneta, na tentativa de separar as operações de cálculo dos mais variados tipos de operações mentais que podem ser realizadas pelos indivíduos. No texto de Feigl ele se refere a operações mentais quando aborda a questão em Bridgman.

³ Traduzido para o português por PESSOA JÚNIOR, *Scientia Studia*, 2004.

físicos e demais cientistas das ciências da natureza, seja por razões práticas ou não, mas também aceitável entre os filósofos, percebendo esta interface de problemas em ambas as áreas do conhecimento. Desta forma, procurou eliminar o que poderia ser considerado “excessivo empirismo” de sua concepção, não reduzindo a Matemática ou a Lógica à necessidade de verificação empírica. Assim, Bridgman passou a reconhecer que nem todas as operações papel-e-caneta tinham um correspondente nas operações físicas e isso tornaria o operacionalismo defensável também na Filosofia, na tentativa de resposta e questionamento aos principais problemas da Filosofia da Ciência na época. Na resposta a Feigl, no interior deste artigo, trataremos um pouco melhor sobre esta questão.

Começaremos com uma exposição do contexto histórico da ciência no início do século XX, a qual fundamentou a interpretação do Círculo de Viena e de outras filosofias como interessantes para a explicação da ciência; em seguida, será analisada a defesa das definições parciais aos conceitos teóricos; por fim, finalizaremos com pelo menos um questionamento à crítica de Feigl ao operacionalismo.

A questão das definições dos conceitos teóricos

De acordo com a história da Física, no final do século XIX e início do século XX, os físicos percebiam experiências físicas paradoxais; nem sempre explicáveis de acordo com as teorias da época; com o surgimento de fenômenos que desafiavam medições e resultados esperados, especialmente quando estes experimentos envolviam pesquisas sobre a física quântica e a física atômica, em constante desenvolvimento nesta época (BRIDGMAN, 1960). Por exemplo, na física quântica o problema era com objetos quânticos com contornos difusos, de difícil identificação e localização, em extrema velocidade, com muitas variações de peso, etc., dificultando a possibilidade de uma descrição consistente destes fenômenos, conseqüentemente, de uma estruturação teórica também consistente com estes supostos fatos “estranhos”. Na física atômica havia o problema com os efeitos não conhecidos de substâncias nocivas que poderiam desestabilizar o equilíbrio dos objetos e/ou gerar processos de reação em cadeia como em estudos sobre a fissão ou fusão nuclear, por exemplo. Vários resultados destas pesquisas ainda eram desconhecidos ou improváveis aos cientistas da época, especialmente por se tratar de uma área ainda em processo de formação, com pouca repetição dos resultados, para citar apenas um problema na área que era considerada como “modelo teórico” neste período.

Considerando estes desafios, a busca por teorias físicas melhores envolvia a possibilidade de estabelecer uma forma de verificação de seus conceitos, procurando estabelecer significados aos conceitos teóricos e uma linguagem que denotasse ou tivesse um referencial para a possibilidade de reconstrução do conceito e de seu significado. Desta forma, físicos e filósofos procuravam uma linguagem que eliminasse das teorias aqueles conceitos obtidos através de elementos imaginativos ou de algum tipo de mecanismo mental que não tivesse uma forma de verificação do significado do conceito. Assim, encontrar formas de definição dos conceitos, seja através de regras de correspondência (CARNAP, 1936), seja através de definições operacionais (BRIDGMAN, 1960), etc., pareciam tentativas viáveis para teorias físicas que precisavam de uma melhor fundamentação. Com este espírito, a exigência de definição do significado dos conceitos era uma tarefa filosófica pertinente, não restrita apenas aos filósofos, mas aos físicos e cientistas de maneira geral. Esta tentativa se baseava em buscar um modelo filosófico coerente de explicação para o desenvolvimento da ciência. Além disso, formas de verificação do significado dos conceitos teóricos que pareciam ser estratégias interessantes na época, tinham também como efeito permitir a objetividade necessária à linguagem teórica, uma vez que qualquer cientista poderia detectar o que estava sendo descrito e reproduzir o resultado caso houvesse necessidade. Com efeito, conceber os conceitos definidos operacionalmente, da forma como é defendida por Bridgman, parecia ser uma forma segura de fazer com que as teorias da física e das ciências da natureza fossem fundamentadas em bases seguras, de forma a garantir a possibilidade de verificação do significado dos conceitos teóricos e a objetividade no processo de reconstrução das teorias. Da mesma forma, elaborando critérios de verificação para os conceitos teóricos, a epistemologia do empirismo lógico do Círculo de Viena procurava a solidez ao processo de construção de teorias da física e das ciências da natureza de maneira geral.

A chamada “visão ortodoxa das teorias” exposta no artigo de Feigl de 1970, cuja epistemologia geral era a do empirismo lógico defendida especialmente nas décadas de 1920 e 1930, destaca a necessidade de verificação dos conceitos teóricos, porém, defende também que nem todos os conceitos teóricos poderiam ser definidos empiricamente. Nesta categoria estão os conceitos *primitivos*, que são conceitos como “ponto”, “reta”, definidos pelo conjunto de axiomas que eles pertencem e que, portanto, não são definidos explicitamente através de alguma regra ou procedimento. Por exemplo, ao aceitar a geometria Euclidiana ou uma das geometrias não-Euclidianas, a interpretação destes conceitos muda, uma vez que o significado dado a eles também muda na medida em que ocorre uma mudança no sistema axiomático.

Assim descreve Feigl:

Em acordo próximo com o paradigma da geometria de Euclides, as teorias das ciências factuais têm sido vistas, já faz muito tempo, como sistemas hipotético-dedutivos. Isto quer dizer que as teorias são conjuntos de suposições que contêm termos "primitivos", ou seja, não definidos (FEIGL, 2004, p. 267).

Se desconsiderarmos as axiomatizações relativamente informais e “pela metade”, que podem ser encontradas no trabalho dos grandes inovadores científicos, como Newton, Maxwell e Einstein, pode-se dizer que os lógicos da ciência trabalham principalmente olhando para trás, em retrospecto. Ou seja, eles *analisam* uma dada teoria com relação a sua estrutura lógica e sua base empírica, mas não adicionam nada ao conteúdo da teoria em questão. (FEIGL, 2004, p. 270)

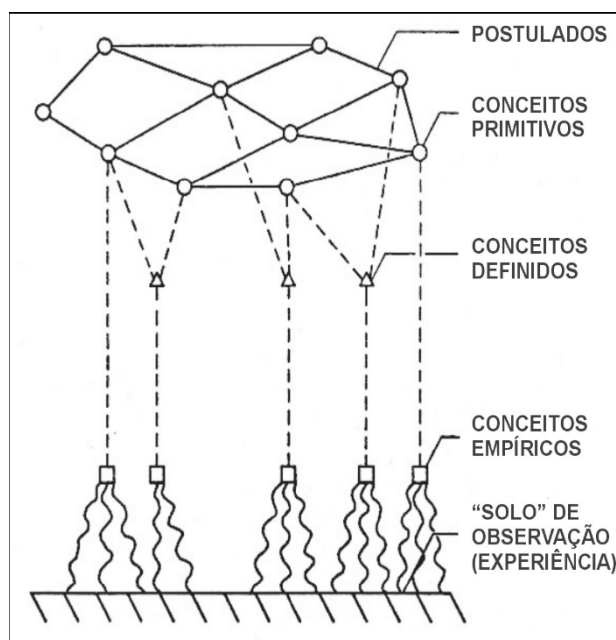
Para Feigl, as teorias são interpretadas como sistemas hipotéticos dedutivos, estruturas que se assemelham estruturalmente a modelos geométricos como de Euclides, sistemas compostos por axiomas, considerados como pontos de partida, e processos dedutivos a partir destes axiomas, resultando em teoremas, como regularidades empíricas, etc (FEIGL, 2004). A inspiração para a interpretação axiomática das teorias veio tanto da axiomatização da geometria de David Hilbert em *Fundamentos da Geometria* de 1899, bem como da filosofia de Henri Poincaré e da física de Albert Einstein, ideias que influenciaram não apenas a interpretação da ciência de Feigl, mas também de Schlick e dos demais membros do Círculo de Viena na época.

Considerando a interpretação axiomática das teorias, conceber os conceitos primitivos como não definidos explicitamente, mas apenas implicitamente pelo sistema axiomático é, na verdade, uma defesa da independência da experiência de alguns conceitos teóricos, em particular, do conjunto dos conceitos primitivos da Lógica e da Matemática. Com efeito, os conceitos primitivos são independentes da experiência, diferentemente dos conceitos definidos, os quais dependem dos conceitos primitivos, do sistema axiomático, bem como, das regras de correspondência (como defende Carnap) ou das definições operacionais (como defende Bridgman). Para Feigl:

Até certo ponto antecipando-se a Campbell e Carnap, Moritz Schlick [1918], em seu memorável *Allgemeine Erkenntnislehre*, defendeu a doutrina da "definição implícita". Nisto ele foi influenciado pela axiomatização da geometria feita por David Hilbert, assim como pelas concepções de Henri Poincaré e de Albert Einstein a respeito da física teórica e do papel da geometria na física. Esses temas foram então desenvolvidos de maneira mais

completa e precisa nos trabalhos de Hans Reichenbach, Carnap, Carl G. Hempel, R.B. Braithwaite, Ernest Nagel e muitos outros lógicos e metodólogos da ciência. (FEIGL, 2004, p. 266)

No artigo de Feigl há uma ilustração e duas citações que podem ajudar a esclarecer a questão dos conceitos teóricos:



Para Feigl:

Os conceitos “primitivos” servem como *definienda* dos conceitos “derivados”. Os primitivos, em si mesmos, permanecem indefinidos (por definição explícita). Pode-se considerar que eles são definidos apenas “implicitamente” pelo conjunto total de axiomas (postulados). Mas é importante perceber que uma definição implícita, entendida desta maneira, tem caráter puramente sintático. Conceitos definidos desta maneira são destituídos de conteúdo empírico. (FEIGL, 2004, p. 267)

Nas elucidações pitorescas mas esclarecedoras usadas, por exemplo, por Schlick, Carnap, Hempel e Margenau, o “cálculo puro” ou seja, o sistema de postulados não-interpretados “flutua” ou “paira” livremente acima do plano dos fatos empíricos. É somente através dos “elos de ligação”, isto é, das “definições coordenativas” (termos empregados por Reichenbach, grosso modo sinônimos das “regras de correspondência” de Margenau e Carnap, ou das “correlações epistêmicas” de Northrop, e apenas relacionados mas não estritamente idênticos às “definições operacionais” de Bridgman), que o sistema de postulados adquire significado empírico. (FEIGL, 2004, p. 267-268)

A crítica ao operacionalismo

Em seu artigo de 1970 Feigl mencionou rapidamente a concepção operacional como forma de atribuir significado aos conceitos teóricos à luz do que foi defendido por Bridgman. Porém, criticou esta concepção por pretender atribuir significado a todos os conceitos teóricos. O caso dos conceitos primitivos, defendidos por Feigl, mas não mencionados por Bridgman, seriam aqueles conceitos não passíveis de definição operacional. Como há uma defesa de Feigl dos conceitos primitivos na ciência, estes seriam independentes da experiência, e desta forma, não seriam definidos operacionalmente, porque são definidos apenas implicitamente, um problema não detectado pela concepção operacional de Bridgman. Assim, para Feigl:

Os exemplos de Bridgman indicam que ele focalizou sua atenção principalmente nos conceitos que estão razoavelmente próximos do “plano de observação”. Um caso muito elementar é o conceito de velocidade (média) de um corpo em movimento, através de uma certa distância espacial e para um correspondente intervalo de tempo: determine, com uma régua ou fita métrica, etc., a distância e, com o auxílio de um relógio ou outro dispositivo cronométrico, a duração em questão – estes são exemplos das operações “físicas” de Bridgman. Divida então o resultado numérico do primeiro pelo resultado numérico do segundo (operação “mental” de divisão aritmética), e você terá chegado em seu resultado: a velocidade (média). (FEIGL, 2004, p. 268)

Como aparece na citação acima, Feigl considera que Bridgman teria dado pouca atenção aos conceitos teóricos não empíricos, procurando focar mais nos conceitos empíricos, considerados como de maior interesse para seus propósitos.

Em outros termos, podemos dizer que Feigl critica Bridgman por ele não se preocupar com uma visão que poderíamos chamar de mais “global” dos conceitos teóricos e da ciência, apresentando uma concepção “segmentária” dos conceitos teóricos, ou seja, uma preocupação maior com apenas alguns desses conceitos, aqueles empíricos. Pouca atenção teria sido dada por Bridgman aos conceitos lógicos, matemáticos ou conceitos altamente teóricos. Neste último caso, Feigl salienta que operações complexas são necessárias, operações de ambos os tipos, além disso, normalmente elas precisam estar relacionadas.

Para Feigl, até mesmo conceitos altamente teóricos como “spin” seria difícil de definir operacionalmente, porque envolveria operações físicas e operações papel-e-caneta muito complicadas, especialmente porque parte das propriedades teóricas do “spin” não são

conhecidas e poucas conexões com operações físicas podem ser estabelecidas neste caso. Assim, a sugestão de Feigl é de que as definições operacionais de fato sejam utilizadas apenas para definir os conceitos empíricos, pois além de considerar que estes são a maior preocupação de Bridgman, as definições operacionais também funcionam bem nesses casos. Assim:

Tendo em vista a análise lógica “ortodoxa” de teorias científicas, geralmente sustenta-se que os conceitos (“primitivos”) nos postulados, assim como os próprios postulados, não podem receber mais do que uma interpretação parcial. Isto pressupõe uma distinção nítida entre linguagem de observação (linguagem observacional; L.O.) e a linguagem de teorias (linguagem teórica; L.T.). Afirma-se que a L.O. é compreendida de maneira completa. De fato, na visão de Carnap, por exemplo, a L.O. não é carregada de teoria [*theory-laden*] ou “contaminada” com suposições ou pressuposições teóricas. (...) leituras de ponteiro e outros “dados” semelhantemente objetivos ou intersubjetivamente concordantes serviriam como uma base observacional. Em contraste nítido com tais termos referentes a qualidades e relações intersubjetivamente observáveis estão os conceitos teóricos. Termos como “campo eletromagnético”, “nêutron”, “neutrino” e “spin” são compreendidos apenas parcialmente, isto é, com o auxílio de postulados, definições explícitas, regras de correspondência e definições operacionais. (FEIGL, 2004, p. 269)

Conclusão: Questionamento à crítica

Na seção anterior, interpretamos a crítica de Feigl à concepção operacional na ciência. Faremos agora um questionamento da crítica de Feigl com base nos escritos de Bridgman, considerando que Bridgman não conheceu o artigo de Feigl porque foi escrito nove anos após sua morte. Como dissemos, apesar de Bridgman não conhecer esta crítica especificamente, Bridgman conhecia algumas críticas ao operacionalismo, algumas delas, como a de Carnap, muito próxima a que foi feita por Feigl e, na medida do possível, foi procurando dar uma resposta a elas. Em alguns de seus artigos posteriores, Bridgman chegou a sugerir que a concepção operacional fosse caracterizada como “Análise Operacional dos conceitos”, numa tentativa de evitar possíveis interpretações que poderiam conceber o operacionalismo como uma concepção empirista radical ou exagerada enquanto concepção filosófica.

O ponto questionável da crítica de Feigl refere-se ao caráter não global da concepção de Bridgman, sugerindo inclusive que o operacionalismo fosse aplicado apenas aos conceitos empíricos. Em relação ao conceito “spin” (mencionado acima), a crítica de Feigl leva em conta o seguinte:

Claramente, conceitos altamente teóricos como, por exemplo, o “spin” na mecânica quântica, envolvem muito mais operações complexas — de *ambos* os tipos. Assim, acho recomendável que se fale de definições operacionais apenas para conceitos “empíricos”. O significado de conceitos teóricos só pode ser especificado por sua posição no sistema teórico inteiro, envolvendo os postulados, definições, regras de correspondência e, finalmente, as definições operacionais. Estas últimas estão indicadas pelas pequenas “raízes” que “ancoram” os conceitos empíricos no “solo” da experiência, isto é, nas observações mensuro-experimentais. (FEIGL, 2004, p. 269)

Bridgman não mencionou a existência de conceitos primitivos na ciência, aqueles definidos apenas implicitamente de acordo com a concepção de Feigl. Porém, Bridgman dá pistas sobre o comportamento dos conceitos científicos de maneira geral e estas pistas são suficientes para ensaiar uma possível resposta a crítica. Para ele, o uso de um conceito teórico não empírico está justificado quando operações papel-e-caneta estiverem vinculadas ao conceito. Desta forma, considera Bridgman, o conceito é construído de forma consistente, vinculado a uma experiência de cálculo, e seu uso nas teorias matemáticas ou nas teorias das ciências da natureza não envolverá contradições ou usos indevidos ou injustificados por este motivo. Assim, interpretando a concepção operacional, conceitos como “ponto” e “reta” isolados podem ser inconsistentes de acordo com esta perspectiva, mas podem ser justificados no passo posterior, ou seja, quando estão inseridos em afirmações vinculadas a procedimentos operacionais. Desta forma, podemos dizer que apenas nas afirmações tais conceitos adquirem significado operacional.

Outro detalhe: nos escritos de Bridgman não parece haver um tratamento segmentado ou não global dos conceitos, no sentido de apresentar uma preferência pelos conceitos empíricos, deixando em segundo plano ou não oferecendo um tratamento mais especial aos conceitos lógicos ou matemáticos. Essa é a impressão que temos a partir das leituras desde a exposição do operacionalismo pela primeira vez em 1927 até suas últimas obras. A preocupação com o significado e a consistência dos conceitos matemáticos, conforme mencionado acima, além da possibilidade das operações papel-e-caneta se conectarem com as operações físicas estão presentes em praticamente todas as suas obras. Seu tratamento dos conceitos teóricos de maneira geral, entendendo o processo de matematização das teorias na época, reafirmam seu interesse. Aliás, o processo de matematização da natureza era considerado interessante e útil aos cientistas das ciências da natureza, pois a precisão através de cálculos e equações fornecia o rigor necessário às teorias. Com base nisso, Bridgman deu atenção especial as operações papel-e-caneta, procurando mencionar como os processos

matemáticos deveriam ser construídos, não apenas no interior das teorias, mas nas próprias teorias matemáticas. Uma leitura rápida em algumas passagens de sua primeira obra (1927) já identifica a importância destas operações, além de destacar o papel dos conceitos lógicos e matemáticos na ciência, como descreve Bridgman na seguinte passagem:

Desde que a matemática adquiriu um papel importante e cada vez maior na nova física, é evidente que um exame crítico da natureza dos conceitos fundamentais da matemática deve ser feito de maneira imediata para o futuro da própria física. (BRIDGMAN, 1934, p. 101) [tradução nossa]

Em 1934, no artigo intitulado *A Physicist's Second Reaction to Mengenlehre* Bridgman se dedicou a análise operacional das teorias matemáticas, especialmente sobre o significado dos conceitos matemáticos através de procedimentos operacionais levados a cabo, mostrando, portanto, novamente a importância destes conceitos. Nele Bridgman abordou a questão do infinito atual na matemática e criticou modelos de prova importantes na matemática, como a prova da diagonal de Cantor. Aliás, neste artigo é possível perceber uma aproximação entre a concepção operacional com a concepção intuicionista da matemática, em particular, com a vertente intuicionista do matemático holandês L. E. J. Brouwer⁴. Para Bridgman:

(...) a técnica operacional automaticamente assegura para a matemática o *sine qua non* de auto-consistência para operações realmente levadas a cabo, seja física ou mental, elas são formas especiais de experiência (BRIDGMAN, 1934, p. 108). [tradução nossa]

Neste sentido, ressaltamos novamente que não é possível afirmar que Bridgman tenha expresso uma concepção segmentada dos conceitos teóricos. Porém, naturalmente ele desenvolveu seus principais trabalhos na área da Física; deu algumas direções para os problemas de Filosofia da Ciência; e destacou alguns problemas matemáticos das teorias que considerou pertinentes. Consequentemente, não via áreas como a Filosofia, a Física, a Matemática, a Lógica, etc., como separadas em relação aos problemas fundamentais do conhecimento, conforme mencionamos na Introdução.

Há também outro detalhe importante neste debate. Bridgman se preocupou com interpretações que poderiam considerar a concepção operacional como excessivamente empirista em filosofia da ciência. Neste sentido, não exigiu que tudo o que aparecesse nas

⁴ Os detalhes desta conexão não serão abordados neste artigo.

operações papel-e-caneta tivesse um correspondente em operações físicas, ou seja, estabeleceu a possibilidade das operações papel-e-caneta se corresponderem apenas *parcialmente* com as operações físicas e não de uma correspondência total entre ambas. Para Bridgman, a exigência de correspondência total entre operações físicas e papel-e-caneta limitaria demais o domínio da Matemática na Física e certamente teria consequências ainda piores nas próprias teorias matemáticas. Desta forma, procurou amenizar a concepção operacional, tornando-a mais aceitável, seja para físicos, matemáticos ou filósofos. Além disso, Bridgman criticou tentativas de filósofos de exigir uma correspondência total entre operações papel-e-caneta com operações físicas, como vemos na seguinte passagem em que critica Heisenberg:

Tenho ponderado, entretanto, se talvez este requerimento de Heisenberg não foi formulado após sua teoria (a Mecânica Matricial) como uma justificativa filosófica para o seu sucesso, ao invés de ser considerado parte indispensável na formulação da teoria. Apesar de seu alcance racional, e do fato de que satisfaz às exigências do operacionalismo, isso parece não ser necessário do ponto de vista dos modelos matemáticos que temos discutido. Tudo o que é exigido de uma teoria é que ela forneça as ferramentas para calcular o comportamento do sistema físico, e isso é capaz de ser feito mesmo quando há uma correspondência entre aqueles aspectos do sistema físico que trata de reproduzir e *alguns* dos resultados das manipulações matemáticas. (BRIDGMAN, 1936, p. 65) [*tradução nossa*].

Heisenberg foi criticado de maneira justa por Bridgman ao exigir uma medida operacionalmente definida para todo termo numérico que ocorre em uma teoria física e uma interpretação operacional, expressável em linguagem ordinária, para toda equação. (GIAQUINTO, 1983, p. 127) [*tradução nossa*]

Apesar de aceitar que nem todo o procedimento de cálculo possa ter um correspondente empírico, Bridgman não abriu mão de defender que as operações papel-e-caneta sejam processos construtivos regrados, seja através de um sistema axiomático ou através de um procedimento computacional. Do contrário, admite Bridgman, inconsistências ou contradições poderiam surgir nas teorias das ciências da natureza ou nas próprias teorias lógicas ou matemáticas. Para Bridgman:

A ideia de que todos os passos em uma teoria matemática devem ter seus correspondentes no sistema físico é consequência, segundo acredito, de um certo sentimento místico sobre a construção matemática do mundo físico. (BRIDGMAN, 1936, p. 67) [*tradução nossa*]

Bridgman defende que operações lógicas ou matemáticas vão muito além daquilo que pode ser obtido fisicamente, inclusive em operações matemáticas muito simples. Enquanto as operações físicas, no geral, são limitadas e em muitos casos dependentes dos instrumentos de medida. A exigência de correspondência parcial entre as operações reconheceu a importância da Matemática na Física e também procurou ser uma alternativa interessante para o debate sobre os fundamentos da ciência no início do século XX.

Referências Bibliográficas

BRIDGMAN, Percy W. **The Logic of Modern Physics**. 3^o ed. New York: The Macmillan Company, [1927] 1960.

_____. **The Nature of Physical Theory**. Princeton: Princeton University Press, 1936.

_____. A physicist's second reaction to Mengenlehre. In: **Scripta Mathematica**, v. I, p. 101-117, 1934.

_____. A physicist's second reaction to Mengenlehre. In: **Scripta Mathematica**, v. II, p. 224-234, 1934.

_____. **Reflections of a Physicist**. 2^o ed. Nova Iorque: Arno Press, 1980.

_____. **The Way Things Are**. 2^o ed. Cambridge: Harvard University Press, 1959.

BUNGE, Mário. **Física e Filosofia**. Trad. Gita K. Guinsburg. São Paulo: Editora Perspectiva, 2007.

CARNAP, Rudolf. **Philosophical Foundations of Physics**. Nova Iorque: Basic Books, 1966.

_____. Testability and Meaning. In: **Philosophy of Science**, v. 3, p. 01-40, 1936.

_____. Testability and Meaning. In: **Philosophy of Science**, v. 4, p. 420-471, 1936.

EINSTEIN, Albert. **O significado da relatividade**. Trad. Mário Silva. 5^o ed. Coimbra: Editora Armênio Amado, 1984.

_____. Indução e dedução na física. Trad. Valter Alnis Bezerra. In: **Scientia Studia**, v. 3, n. 4, p. 663-664, 2005.

FEIGL, Herbert. A visão "ortodoxa" das teorias: comentários para defesa assim como para crítica. Trad. Osvaldo Pessoa Júnior. In: **Scientiae Studia**, v. 2, n. 2, p. 265-277, 2004.

_____. The 'orthodox' view of theories: remarks in defense as well as critique. In: RADNER, M. & WINOKUR, S. (Org.). **Minnesota Studies in the Philosophy of Science**, v. 4. Minneapolis: University of Minnesota Press, p. 3-16, 1970.

_____. **The “Mental” and the “Physical”**: The essays and a postscript. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1967.

_____. Operationalism and Scientific Method. In: **Psychological Review**, v. 52, p. 250-259, 1945.

FEIGL, Herbert. & SELLARS, Wilfrid. In: **Readings and philosophical analysis**. Nova Iorque: Apleton-Century-Crofts, 1949.

FEIGL, Herbert. & MAXWELL, Grover. (Org). **Current issues in the Philosophy of Science**. Nova Iorque, Holt, Rinehart and Winston, 1961.

FRANK, Philipp. **Modern Science and its Philosophy**. Cambridge: Harvard University Press, 1950.

GIAQUINTO, Marcus. Hilbert’s Philosophy of Mathematics. In: **British Journal for the Philosophy of Science**, v. 34, p. 119-132, 1983.

HILBERT, David. **Fundamentos da Geometria**. Trad. Leo Unger. 1º ed. Lisboa: Gradiva, 2003.

LASSALLE CASANAVE, Abel. Em torno da interpretação operacionalista do programa de Hilbert. In: **Manuscrito**, v. XXI, n. 1, Campinas: Editora da UNICAMP, p. 85-106, 1998.

LISTON, Gelson. Carnap e o Revisionismo. In: **Principia**, v. 16, n. 1, p. 99-119, 2012.

MARTINS, Roberto de A. Visão operacional de conceitos e medidas físicas. In: **Revista de Ensino de Física**, v. 4, p. 57-84, 1982.

PESSOA Jr., Osvaldo. O canto do cisne da visão ortodoxa da filosofia da ciência. In: **Scientiae Studia**, v. 2, n. 2, p. 259-263, 2004.

POINCARÉ, Henry. **A Ciência e a Hipótese**. Trad. Maria Auxiliadora Kneipp. Brasília: Editora da UnB, 1984.

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

WALTER, Maila L. **Science and cultural crisis**. An intellectual biography of Percy Williams Bridgman (1882-1961). Stanford: Stanford University Press, 1990.