UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FILOSOFIA

William Steinle

ELEMENTOS PARA UMA ONTOLOGIA DE ESTRUTURAS

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Filosofia da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Doutor em Filosofia

Orientador: Prof. Dr. Décio Krause

Florianópolis
2011

Catalogação na fonte pela Biblioteca Universitária
da
Universidade Federal de Santa Catarina

S822e Steinle, William
Elementos para uma ontologia de estruturas [tese] / William Steinle ; orientador, Décio Krause. - Florianópolis, SC, 2011.
229 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Filosofia e Ciências Humanas. Programa de Pós-Graduação em Filosofia.

Inclui referências

1. Filosofia. 2. Realismo. 3. Estruturalismo. 4. Semântica (Filosofia). 5. Relação (Filosofia). I. Krause, Décio. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Filosofia. III. Título.

CDU 1

AGRADECIMENTOS

Agradeço muito ao Prof. Décio Krause pelo exemplo e orientação durante todos esses anos – desde 2001, quando entrei para o programa de Iniciação Científica do CNPq –, principalmente por ser o responsável pela minha escolha na área de Filosofia da Ciência. Agradeço ao Prof. Antonio Coelho e ao Prof. Cezar Mortari por aceitarem gentilmente participar da banca de qualificação desta tese e por fazerem inúmeras correções e sugestões a ela. Sou muito grato aos participantes da banca de defesa: Prof. Silvio Chibeni, Prof. Alberto Cupani, Prof. Celso Braida, Prof. Antonio Coelho e Prof. Cezar Mortari; todos fizeram correções e sugestões extremamente valiosas. Agradeço também ao Prof. Osvaldo Pessoa Jr. que infelizmente não pôde participar da banca, mas fez correções e sugestões à tese. Enfim, agradeço a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

RESUMO

O realismo estrutural geralmente é interpretado a partir de dois pontos de vista, um epistemológico e um ontológico ou metafísico. A versão epistemológica sustenta que o "mundo" é composto de um "conteúdo" e de uma estrutura obtida a partir desse, mas o nosso conhecimento se restringe ao seu aspecto estrutural; nada podemos conhecer do conteúdo. A versão ontológica, por outro lado, nega essa dicotomia conteúdo/estrutura e sustenta que tudo o que há são estruturas. O realismo estrutural ontológico possui três "dimensões": realista, estrutural e ontológica. Nesta tese, procuro primeiramente esclarecer cada uma dessas "dimensões". Após isso, apresento uma tentativa de defesa dessa teoria.

Palavras-chave: Realismo científico. Estruturalismo. Abordagem semântica. Relações sem *relata*.

ABSTRACT

The structural realism is usually interpreted from two points of view, the epistemological and the ontic or metaphysical ones. The epistemological view says that the "world" consists of content and structure, and that our knowledge is restricted to the structural aspect of the world; thus, we cannot know about its content. The ontological approach, on the other hand, denies this dichotomy content/structure, and argues that all there is are structures. The ontic structural realism is supposed to have three "dimensions": realistic, structural, and ontological. In this thesis, I try to clarify each of these "dimensions". After that, I present an attempt to defend this theory.

Keywords: Scientific realism. Structuralism. Semantic approach. Relations without the *relata*.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO

Nas décadas de 1960 e 1970, o filósofo da ciência Grover Maxwell apresentou e defendeu, em uma série de artigos, o que ele chamou de "realismo estrutural" (MAXWELL, 1962, 1968, 1970a, 1970b). Depois de alguns anos sem muitas discussões, essa teoria foi resgatada por John Worrall, que a interpretou como uma teoria realista de caráter epistemológico (WORRALL, 1989). Em poucas palavras, o realismo estrutural epistemológico defendido por Worrall sustenta que há uma separação entre conteúdo e estrutura, e que só a "estrutura do mundo" pode ser conhecida, permanecendo seu conteúdo para sempre "velado" ao nosso conhecimento. Segundo Worrall, o realismo estrutural epistemológico seria uma alternativa de resposta aos dois grandes argumentos presentes no debate realismo/antirrealismo científico, o chamado "argumento do milagre (ou não-milagre)" – que conta a favor do realismo científico – e a denominada "metaindução pessimista" – utilizada pelos antirrealistas para atacar seus "rivais" realistas –, representando, assim, o melhor de "ambos os mundos".

A maneira como Worrall defendeu suas ideias foi criticada por alguns filósofos, entre eles Stathis Psillos e James Ladyman (PSILLOS, 1995, 1999, 2001; LADYMAN, 1998; FRENCH; LADYMAN, 2003a, 2003b). Psillos dirá, por exemplo, que o realismo estrutural epistemológico defendido por Worrall ou está comprometido com uma metafísica de "substâncias" (que corresponderia à parte do "conteúdo", na divisão mencionada acima) ou trata os "objetos que compõem o mundo" de maneira estrutural, não diferindo de algumas propostas realistas defendidas por alguns filósofos – dentre eles, o próprio Psillos –, não mostrando nenhuma originalidade em relação a elas (PSILLOS, *op. cit.*). Ladyman, por sua vez, também criticou a teoria de Worrall em vários aspectos. Em particular, Ladyman aproveita a crítica de Psillos e sustenta junto com esse que o "mundo" não deve ser dividido em conteúdo e estrutura. O resultado disso é uma nova versão do realismo estrutural, denominada por Ladyman de "realismo estrutural ontológico ou metafísico", que, em poucas palavras, sustenta que *tudo* o que há são estruturas. Essa teoria sustenta, portanto, que o "conteúdo" referido por Worrall nem mesmo existe (LADYMAN, 1998). No referido artigo, porém, Ladyman deixa várias questões em aberto, inclusive uma bastante básica: o que são estruturas? O artigo ganhou bastante destaque na literatura especializada, gerando tanto defensores quanto críticos da teoria nele exposta. Em trabalhos posteriores (por exemplo: FRENCH;

LADYMAN, 2003a, 2003b; LADYMAN, 2007; LADYMAN; ROSS, 2009), Ladyman tentou "refinar" sua teoria, o que acabou resultando no que considero o trabalho mais bem desenvolvido sobre o realismo estrutural ontológico, um livro seu em parceria com outros autores, principalmente Don Ross, chamado *Every thing must go: metaphysics naturalized*. Embora esse livro seja uma tentativa de desenvolver-se o realismo estrutural ontológico, ele ainda deixa várias questões em aberto, inclusive a básica mencionada acima!

Nesta tese, apresento uma postura favorável ao realismo estrutural ontológico – ou pelo menos a uma versão dele. Para que isso possa ser feito, penso que seja relevante esclarecer primeiro alguns pontos básicos que dão suporte a essa teoria, em especial, o que chamo de suas "dimensões": a ontológica ou metafísica, a realista e a estrutural. Essas "dimensões" são quase sempre pressupostas pela grande maioria dos defensores e críticos o que, a meu ver, contribui para certas discussões infindáveis. É claro que com isso não pretendo *resolver* todos os problemas que o realismo estrutural ontológico enfrenta – não sei nem se eles são solúveis –, mas apenas contribuir – na melhor das hipóteses – para o desenvolvimento dessa teoria. Assim, a tese está estruturada da seguinte maneira.

No capítulo 2, faço uma introdução ao realismo estrutural ontológico analisando o artigo seminal de James Ladyman sobre o assunto. Apresento suas críticas à versão epistemológica do realismo estrutural e a sua proposta de uma nova versão dessa teoria, a ontológica ou metafísica. Além do artigo seminal de 1998, analiso também alguns "refinamentos" que foram feitos por Ladyman e outros autores às suas ideias originais.

No terceiro capítulo, abordo a dimensão metafísica ou ontológica com o objetivo de esclarecer em qual sentido Ladyman e outros adeptos do realismo estrutural ontológico compreendem esses conceitos. Veremos que os defensores dessa teoria estão longe de defender uma metafísica tradicional, de cunho aristotélico; quaisquer noções de substância ou essência, por exemplo, serão rejeitadas.

No capítulo 4, o mais extenso da tese, discuto a dimensão realista. O realismo deve ser compreendido aqui na sua versão científica, ou seja, voltado para as ciências, tanto naturais quanto formais. Como o realismo estrutural ontológico propõe uma relação bastante estreita entre as ciências naturais, notadamente a física, e a matemática, entendi como fundamental discutir alguns aspectos envolvidos na disputa realismo/antirrealismo científicos.

De todas as dimensões do realismo estrutural ontológico, a mais negligenciada por seus advogados é a estrutural. Isso é, no mínimo, paradoxal. Uma teoria que propõe que tudo o que existe são estruturas, deveria fornecer uma explicação razoavelmente elaborada deste conceito. Em geral, os defensores se limitam, quando muito, a dizer que o sentido de estrutura adotado por eles é o matemático. O capítulo 5, portanto, tenta esclarecer melhor o conceito de estrutura e de modelo. Duas definições de estrutura, ambas conjuntistas, serão apresentadas; uma explanação do conceito de modelo científico também será feita nesse capítulo, seguida de alguns comentários sobre a abordagem semântica, defendida como o melhor suporte ao realismo estrutural ontológico.

Por fim, o capítulo 6 se dedica a uma tentativa de defesa de uma ontologia de estruturas. Apresentarei algumas sugestões de respostas a alguns problemas que acometem o realismo estrutural ontológico. Enfatizo que apenas *alguns* problemas serão abordados, e que o meu esforço de defesa de uma ontologia de estruturas se caracteriza apenas como uma *primeira abordagem*. Algumas dessas sugestões são completamente originais – pelo menos até onde tenho conhecimento –, outras são adaptações de ideias já existentes em outros contextos, e que trago para o âmbito do realismo estrutural ontológico.

Como mencionei anteriormente, discussões específicas em torno do realismo estrutural são relativamente recentes. Embora essa teoria – tanto na sua versão epistemológica quanto na ontológica – já fosse defendida em alguma medida na primeira metade do século XX, essa defesa era bastante singela, e em geral não havia uma discussão específica sobre ela por parte dos filósofos. Foi apenas a partir do artigo de John Worrall *Structural realism: the best of both worlds?*, publicado em 1989, que as discussões passaram a figurar no cenário da filosofia da ciência. Atualmente, o realismo estrutural é uma das teorias mais tratadas nessa disciplina, e qualquer possibilidade de contribuição às discussões mais do que justifica a presente tese.

Como é comum à Filosofia, o trabalho é essencialmente teórico. A metodologia utilizada se restringe, portanto, à análise bibliográfica especializada, principalmente de livros e artigos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta tese é o de contribuir para uma defesa do realismo estrutural ontológico.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para que uma defesa dessa teoria possa ser feita, alguns conceitos-chave precisam ser esclarecidos, em especial, tenho como objetivo esclarecer os conceitos de “ontologia”, “realismo científico” e “estrutura”, todos eles centrais para a defesa da teoria.

2 O NASCIMENTO DO REALISMO ESTRUTURAL ONTOLÓGICO[1]

O realismo estrutural foi resgatado por John Worrall em 1989. De acordo com Worrall, as origens dessa teoria remontariam aos trabalhos filosóficos de Jules Henri Poincaré – principalmente *A Ciência e a Hipótese* e *O Valor da Ciência* –, que teria defendido uma versão epistemológica dessa teoria. Por exemplo, é significativa a seguinte passagem retirada de *A Ciência e a Hipótese*: "o objetivo da ciência não são as coisas em si mesmas, como os dogmáticos em sua ingenuidade imaginam, mas as relações entre as coisas; além dessas relações não há realidade cognoscível." (POINCARÉ, 1988: xxiv). Em *O Valor da Ciência*, ao tratar da descontinuidade ontológica nas mudanças de teorias, Poincaré afirma que:

> [...] a ciência já viveu o bastante para que, interrogando sua história, possamos saber se os edifícios que ela ergue resistem à prova do tempo, ou se são apenas construções efêmeras. Ora, o que vemos? À primeira vista, parece-nos que as teorias só duram um dia, e que se acumulam ruínas sobre ruínas. [...] Mas se prestarmos mais atenção, veremos que o que assim sucumbe são as teorias propriamente ditas, aquelas que pretendem nos ensinar o que são as coisas. Mas há nelas algo que quase sempre sobrevive. Se uma delas nos faz conhecer uma relação verdadeira, essa relação é definitivamente adquirida, e a encontramos sob um novo disfarce nas outras teorias que virão sucessivamente reinar em seu lugar (POINCARÉ, 1998, p. 168).

É a partir de passagens como as citadas acima que alguns filósofos, entre eles Worrall, passaram a interpretar Poincaré como um possível precursor do realismo estrutural epistemológico. Deixando de lado a validade das atribuições das origens do realismo estrutural de Worrall a esse filósofo[2], vale observar que quem de fato teria fundado o termo foi

---

[1] Este capítulo tem caráter introdutório; muito do que é aqui apenas mencionado será mais bem desenvolvido nos capítulos subsequentes.

[2] Não abordarei aqui a discussão sobre se esse filósofo pode ou não ser interpretado como realista estrutural. Otavio Bueno, por exemplo, pensa que é mais adequado interpretar Poincaré

o filósofo Grover Maxwell, em uma série de artigos publicados nas décadas de 1960 e 1970.[3]

O fato é que Worrall apresenta e adota o realismo estrutural como sendo uma tese *epistemológica*, que defende uma separação entre a estrutura e o conteúdo das teorias físicas, e sustenta que só as estruturas ou relações podem ser conhecidas, enquanto o conteúdo permanece "velado" ao nosso conhecimento (WORRALL, 1989).[4] Quase uma década depois da publicação do artigo de Worrall, James Ladyman propôs uma nova abordagem ao realismo estrutural. Ladyman sugeriu que essa teoria só poderia ser defendida se ao menos dois pontos fossem alterados. Primeiro, o realismo estrutural deveria ser desenvolvido tendo por base a abordagem semântica, e não a sintática, como ocorrera até então. Segundo, ele não deveria apenas sugerir mudanças epistemológicas ao realismo científico tradicional, dando ênfase ao conhecimento da estrutura e não do conteúdo, mas sim figurar como uma teoria metafísica ou ontológica radical, que sustenta que tudo o que há são estruturas (LADYMAN, 1998, p. 2007). Como esse artigo de Ladyman é seminal, pelo menos nas discussões atuais sobre o realismo estrutural ontológico, abordá-lo-ei a seguir com certo detalhe.[5]

2.1 O REALISMO ESTRUTURAL NÃO É UMA ABORDAGEM ESTRUTURAL AO REALISMO CIENTÍFICO TRADICIONAL

Em seu artigo, Worrall afirma que o debate acerca do realismo científico pode ser reduzido a dois principais argumentos: o do milagre, que teria sido proposto primeiramente por Hilary Putnam (1975), e o da meta-indução pessimista, tal como proposto por Larry Laudan (1981). Esses dois argumentos recorrem claramente à história da ciência, e pretendem estabelecer se há ou não continuidade em seu progresso e se

---

como um *empirista* estrutural, dada sua famosa postura convencionalista (BUENO, 1999, p. 237).

[3] MAXWELL, 1962; 1968; 1970a; 1970b. Para uma breve história do realismo estrutural e referências, ver STEINLE, 2006, § 1 e VOTSIS, 2004.

[4] Para detalhes da versão epistemológica do realismo estrutural, ver STEINLE, 2006.

[5] Alguns esclarecimentos são importantes. Na história da filosofia da ciência, alguns filósofos aparecem como precursores da versão ontológica do realismo estrutural. O próprio Ladyman aponta alguns trabalhos de Ernst Cassirer e Arthur Eddington que conteriam aspectos dessa teoria (FRENCH; LADYMAN, 2003a). Não tratarei aqui do possível realismo estrutural ontológico desses filósofos. Também é importante observar que a literatura atual sobre o assunto é bastante vasta, e não tenho a pretensão de esgotar todas as diferentes visões sobre o realismo estrutural que apareceram nos últimos anos. No último capítulo da tese, onde tentarei apresentar uma defesa do realismo estrutural ontológico, mencionarei alguns trabalhos mais recentes que defendem ou criticam essa teoria.

as teorias científicas realmente retratam o mundo. Em breves palavras, o argumento do milagre é utilizado pelos realistas para sustentar um (tímido) "sim". Ou seja, o argumento sustenta que seria um verdadeiro "milagre" – isto é, algo extraordinário e inexplicável – o fato de as teorias científicas serem preditivamente bem-sucedidas – especialmente considerando-se novas previsões – e avançarem, e mesmo assim não retratarem o mundo. Como não devemos aceitar milagres, dizem os realistas, então a única alternativa seria aceitar que as teorias científicas retratam o mundo e que, sendo assim, elas são pelo menos aproximadamente verdadeiras. Por outro lado, os antirrealistas, que não veem bons motivos para acreditarmos que as teorias científicas retratam o mundo tal como ele realmente é, sustentam que esse "sucesso preditivo" das teorias é momentâneo, bastando para constatar isso dar uma rápida olhada na história da ciência. Se assim o fizermos, sustentam, o que veremos serão apenas ruínas sobre ruínas, o que mostraria que as teorias nem retratam o mundo nem o progresso é cumulativo. Isto é, se teorias passadas "fracassaram", por indução, podemos inferir que nossas melhores teorias atuais também fracassarão um dia.[6] Assim, não haveria bases para sustentar que nossas melhores teorias científicas retratam o mundo, como pretendem os realistas.

Worrall acredita que os dois argumentos acima resultam num grande impasse para a filosofia da ciência, e que esse poderia ser resolvido se adotássemos o realismo estrutural, nas suas palavras, "o melhor de ambos os mundos". Por um lado, segundo ele, de acordo com o realismo estrutural, o sucesso preditivo das teorias científicas é explicado pelo fato delas captarem a verdadeira "estrutura do mundo", mostrando que não há milagre algum nisso.[7] Por outro lado, o realismo estrutural explicaria o progresso cumulativo da ciência dizendo que o que permanece quando há mudança de teorias são suas relações ou estruturas matemáticas, não os supostos referentes dos termos teóricos, neutralizando assim a meta-indução pessimista. É claro que explicar adequadamente o que são essas relações e estruturas de um lado, e o conteúdo do outro, passa a ser fundamental.

Assim, tendo em conta o que foi dito acima, Ladyman argumenta que essa proposta de Worrall precisa esclarecer duas coisas. 1) O que é

---

[6] Voltarei a considerar estes dois argumentos com mais detalhes na seção 4.5.4.

[7] Em seu artigo, Worrall é bastante vago quanto ao que entende por "estrutura do mundo". Alguns filósofos, entre eles Bueno (1999, p. 236), sustentam que isso seria apenas uma metáfora, pelo menos nesse texto, e que, portanto, não teria peso argumentativo. Discutirei esse ponto ao final da tese.

uma estrutura e 2) Em que sentido o realismo estrutural é uma espécie de realismo. Para esclarecermos o primeiro item, Ladyman diz que devemos ter uma concepção do que sejam as teorias científicas, e em seguida explicar o que significa dizer que duas teorias têm a *mesma* estrutura, o que exigiria uma noção de equivalência teórica (além da empírica), sem a qual, ele argumenta, não é possível sustentar o realismo estrutural. A investigação de Ladyman sobre esse assunto o levará à conclusão de que a abordagem sintática não é um bom suporte para o realismo estrutural. Em relação ao segundo item acima, Ladyman criticará a versão epistemológica de Worrall dizendo que ela não resolve os problemas do realismo científico tradicional, e que o realismo estrutural não deve ser encarado apenas como uma abordagem estrutural ao realismo (LADYMAN, 1998).

A visão tradicional a respeito do realismo – por exemplo, aquela de Richard Boyd – é a de que o progresso cumulativo da ciência requer certa *continuidade ontológica*. Isto é, as entidades adotadas – principalmente as inobserváveis – deveriam permanecer inalteradas quando há mudança de teorias. Esse pressuposto parece fundamental para a defesa de alguma forma de realismo científico. Há, porém, inúmeros exemplos de mudança de teorias na história da ciência onde essa preservação não ocorreu. Esse parece ter sido, por exemplo, o caso do éter eletromagnético, do flogisto, da força vital etc.[8] A posição de Ladyman é a de que sem uma resposta adequada ao problema da continuidade ontológica, o argumento do milagre não pode ser mantido. E como a abordagem epistemológica do realismo estrutural não elucidaria esse ponto, a importância desse último como uma “alternativa” ao debate do realismo científico, tal como Worrall sugere, vê-se prejudicada, o que acabou levando críticos como Stathis Psillos (1995) a dizer que o realismo estrutural epistemológico não consegue melhores resultados que o realismo científico tradicional defendido, inclusive, por ele mesmo.[9]

Ladyman sugere em seu artigo que a abordagem das sentenças de Ramsey adotada por Grover Maxwell em sua defesa do realismo estrutural epistemológico constitui a raiz do problema da continuidade ontológica, já que a eliminação dos termos teóricos de uma teoria e a sua substituição por uma coleção de variáveis para predicados quantificadas existencialmente acaba por eliminar a referência (direta)

---

[8] Ver, por exemplo, a crítica de Laudan (1981) a essa suposta continuidade ontológica. Voltarei a esse tema na seção 4.5.4.

[9] Ver seu 1999.

aos inobserváveis (LADYMAN, 1998). Sem uma referência direta a esses, restar-nos-ia apenas uma referência indireta, por meio de descrição. Quero observar que todas essas idéias não são originais de Maxwell, ele as tomou em grande medida de Bertrand Russell, principalmente de seu *The Analysis of Matter*, de 1927. Nessa obra, Russell apresenta dois tipos de conhecimento, o "*knowledge by acquaintance*" e o "*knowledge by description*". O conhecimento descritivo dos termos teóricos equivaleria ao conhecimento de sua *forma lógica*, que consistiria de variáveis, conectivos, quantificadores etc., esses sim conhecidos imediatamente (*by acquaintance*).[10] Em outras palavras, Maxwell, seguindo Russell, sustenta que o conhecimento dos termos teóricos de uma teoria é apenas *estrutural*, pois não temos uma referência direta a eles. Essa é, muito sinteticamente, a origem – oficial, digamos – do realismo estrutural epistemológico.

Um dos problemas da teoria estruturalista de Russell-Maxwell brevemente apresentada acima foi notado por Max Newman, logo em seguida à publicação do livro de Russell citado acima. A crítica de Newman, vista hoje como uma das principais objeções ao realismo estrutural epistemológico, consiste em dizer que a afirmação de que somente a estrutura pode ser conhecida limita-nos a sustentar no máximo que um modelo da teoria é isomorfo ao "mundo",[11] e isso implica que não podemos conhecer nada mais desse do que sua cardinalidade, isto é, sua quantidade de objetos (NEWMAN, 1928). Se a única exigência é a equicardinalidade, então haveria uma infinidade de modelos, interpretações possíveis do "mundo", muitas inclusive incompatíveis entre si. Isso ocorre porque o conhecimento dos termos teóricos é descritivo, ou seja, não conheceríamos nada das propriedades ou relações dos objetos, mas apenas das propriedades e relações dessas propriedades e relações. Para resolver o problema, seria necessário sustentar que as propriedades e relações dos objetos são conhecidas, o que, por princípio, o realista estrutural epistemológico não poderia fazer.

Além disso, sustenta Ladyman que a referência aos termos teóricos da teoria via sentenças de Ramsey deixa o problema da descontinuidade ontológica nas mudanças de teorias intacto, pois essa referência aos termos teóricos – ao éter, por exemplo – não seria necessariamente mantida na nova teoria (LADYMAN, 1998; ver

---

[10] Esta distinção de Russell remonta ao *The Problems of Philosophy*. Para mais detalhes, ver STEINLE, 2006, § 1.

[11] A vaguidade desta afirmação é patente, visto que só há isomorfismos (no sentido matemático) entre *estruturas*.

também o já citado LAUDAN, 1981). Resumindo, uma das principais críticas de Ladyman ao realismo estrutural epistemológico é a seguinte: como Worrall apresenta o realismo estrutural como uma resposta ao problema da meta-indução pessimista se ele, pelo menos na versão das sentenças de Ramsey, não resolve o problema da descontinuidade ontológica, um dos pontos centrais do argumento da meta-indução pessimista?

Outro problema não resolvido na versão epistemológica do realismo estrutural seria o da equivalência teórica, fundamental para superar o argumento da descontinuidade ontológica. Ladyman, através de um "estudo de caso", pretende mostrar que a equivalência teórica entre a mecânica matricial de Werner Heisenberg e a mecânica ondulatória de Erwin Schrödinger não pode ser explicada pelo realismo estrutural epistemológico (LADYMAN, *op. cit.*).

Para diferenciar-se do empirista, o realista científico precisa sustentar algum tipo de equivalência entre teorias que pretendam explicar o mesmo fenômeno que vá além da mera equivalência empírica, ou seja, ele precisa mostrar que os termos teóricos das duas teorias são equivalentes, caso contrário o problema da subdeterminação das teorias pelos dados empíricos emerge.[12] Do ponto de vista da abordagem sintática, duas teorias só são consideradas empiricamente equivalentes se suas consequências, a partir de teoremas que envolvem termos observacionais, são as mesmas.[13] E o que tornaria duas teorias teoricamente equivalentes? Ladyman observa que a resposta seguida por Worrall é a que sustenta que duas teorias só são teoricamente equivalentes se elas são inter-traduzíveis (*ibid.*).

A inter-tradutibilidade, porém, traria consigo o seguinte problema.[14] Só podemos saber se os referentes dos termos teóricos são iguais ou não dentro da teoria, e isso pressuporia um conhecimento prévio dos referentes dos termos teóricos antes de fazermos a tradução, ou seja, os referentes teriam de ser *observáveis*. Mas nesse caso a equivalência teórica parece colapsar na equivalência empírica. Por outro lado, uma noção puramente formal dos termos teóricos que não pressupusesse um entendimento de sua função na teoria parece tornar a noção de equivalência teórica irrealizável. Desse modo, um critério formal da equivalência teórica somente seria obtido onde os significados dos termos teóricos são dados pela estrutura. Isso seria irônico, já que

[12] Sobre as diversas teorias de subdeterminação, ver FRENCH, 2009a e abaixo.
[13] Ver, por exemplo, o clássico SUPPE, 1977, § I-V.
[14] O problema teria sido levantado primeiramente por Lawrence Sklar.

levaria o realista a adotar a visão positivista dos vocabulários teóricos, aquela que sustenta que os termos teóricos só têm "validade" se puderem ser equiparados aos termos observacionais (LADYMAN, 1998; SUPPE, 1977).[15] Mais uma vez, critica Ladyman, a abordagem sintática estaria sendo um empecilho para o desenvolvimento do realismo estrutural.

Na verdade, Ladyman defende que muitos dos problemas que envolvem a versão epistemológica do realismo estrutural são devidos à abordagem sintática que daria suporte a esse. Segundo ele, se o realista científico tradicional tivesse adotado uma abordagem distinta – no caso, a semântica –, muitos desses problemas teriam sido evitados. O realista estrutural ontológico não deve cometer o mesmo erro, e para isso deve adotar como suporte à sua teoria a abordagem modelo-teórica ou semântica (LADYMAN, 1998). Dentro dessa abordagem, teorias científicas são vistas como famílias de modelos, e não sistemas axiomáticos fundados na lógica de primeira ordem e interpretados parcialmente. Teorias não seriam, portanto, coleções de proposições ou enunciados, mas entidades extralinguísticas.[16] Dentro dessa perspectiva, duas teorias seriam teoricamente equivalentes se se pudesse demonstrar que elas possuem o mesmo conjunto de modelos, e seriam empiricamente equivalentes no caso de se algum fenômeno ajustar-se aos modelos de uma delas, também ajustar-se aos modelos da outra. No exemplo explorado por Ladyman, a mecânica matricial de Heisenberg e a mecânica ondulatória de Schrödinger seriam dois modelos distintos do formalismo dos espaços de Hilbert (*ibid.*).

Para que o realismo estrutural não seja apenas uma abordagem estrutural ao realismo – que é o que faz a versão epistemológica, baseada na abordagem sintática – e herde todos os problemas clássicos que surgem nesse (alguns deles abordados acima), Ladyman aponta o alto grau de "matematização" das teorias físicas atuais e a referência constante ao conceito de estrutura como motivação para a adoção da abordagem semântica às teorias científicas (*ibid.*).[17] Mas se o realismo

---

[15] De acordo com Ladyman, Jane English provou que quaisquer duas sentenças de Ramsey que são incompatíveis com uma terceira não podem ter todas as suas consequências observacionais em comum. Isso mostraria que, dentro da abordagem das sentenças de Ramsey, não é possível desenvolver uma equivalência teórica além da equivalência observacional (LADYMAN, *op. cit.*).

[16] Voltarei a falar desta distinção no capítulo 5.

[17] Ladyman está pensando principalmente na física. É claro que nem todas as teorias científicas são "altamente matematizadas". Em um trabalho posterior, Ladyman e Ross defenderam um tipo de reducionismo físico em ciência (LADYMAN; ROSS, 2009, § 1). Na seção 3.2 voltarei a falar desse reducionismo.

estrutural não é uma abordagem estrutural ao realismo científico, o que é ele então?

2.2 O REALISMO ESTRUTURAL COMO TESE ONTOLÓGICA

Segundo Ladyman, o realismo estrutural deve ser encarado como uma teoria metafísica ou ontológica radical, que sustenta que tudo o que há, no nível ontológico mais básico, são estruturas.[18] A principal motivação para a versão ontológica de Ladyman está nas bem-sucedidas novas previsões das teorias científicas, para ele, o argumento definitivo do realista contra o instrumentalismo.[19] Essas previsões constituem o núcleo do argumento do milagre (ou não milagre), já reivindicado por Worrall (1989) como um dos principais argumentos a favor do realismo científico tradicional, mas que só poderia ser adequadamente explicado pelo realismo estrutural (epistemológico, na versão de Worrall). Como já mencionei, dada a importância desses argumentos – milagre e metaindução pessimista – no debate realismo (estrutural)/antirrealismo (estrutural), dedicarei a eles uma seção mais à frente, onde apresentá-los-ei com certo detalhe. Por ora, basta-me a caracterização geral apresentada acima do argumento do milagre.[20]

Em uma versão desse argumento mais adequada ao realismo estrutural, Ladyman pergunta: “como é possível as *relações* em um modelo predizerem algumas *relações* anteriormente desconhecidas no mundo?” (LADYMAN, 1998; itálicos meus). A resposta dada pelos realistas estruturais (Worrall, por exemplo) de que isso é possível porque a teoria capta a “estrutura do mundo” não é satisfatória. Se estivermos falando de relações entre fenômenos, pressupomos a existência de objetos observáveis e suas propriedades. Mas o que dizer

---

[18] A expressão “no nível ontológico mais básico” é importante. É claro que, em certa medida, se o realista estrutural ontológico sustenta que *tudo* o que há são estruturas, então ele apregoa de fato que *todos os objetos* são estruturais. Embora essa seja uma aparente consequência do caráter radical do realismo estrutural ontológico – pelo menos naquela versão sustentada por Ladyman e muitos de seus seguidores –, geralmente quem sustenta essa teoria tem em mente uma teoria científica em particular: a física quântica. Neste caso, por “nível básico” compreendem-se as entidades fundamentais adotadas por essa teoria, as partículas elementares. Pretende-se então sustentar que, se essas partículas são estruturas, os objetos em geral – inclusive os macroscópicos que seriam constituídos por elas – o são também. No capítulo 6 mostrarei mais detalhes sobre este tema.

[19] Uma análise sobre o sucesso preditivo da ciência pode ser vista em PSILLOS, 1999, § 4. Voltarei a falar sobre isso na seção 4.5.4.

[20] Lembrando: como é possível explicar o sucesso preditivo das teorias científicas bem desenvolvidas sem que isso as torne verdadeiras, isto é, descrições (mesmo que parciais) do mundo, sem recorrer a milagres?

quando tratamos de relações entre inobserváveis? O realista tradicional não hesitará em afirmar que as relações se dão entre objetos (inobserváveis) que existem realmente, algo que o realista estrutural epistemológico também estaria disposto a aceitar, mas com a ressalva de que nosso conhecimento sempre estará restrito às relações entre esses objetos.[21]

Devido aos problemas enfrentados pela versão epistemológica do realismo estrutural, Ladyman então lança uma proposta ousada: devemos explicar essas relações *prescindindo dos objetos* (LADYMAN, 1998); isto é, devemos considerar as relações, que tradicionalmente são entendidas como relações *entre objetos*, sem os próprios! Do ponto de vista ontológico, as relações ou estruturas devem ser anteriores aos objetos, entendidos como entidades individuais. Nas palavras de Ladyman:

> Essencialmente, isto significa abandonar a afirmação de que as teorias fundamentalmente nos contam sobre os *objetos* do qual o mundo é feito e como eles se comportam, e substituí-la pela afirmação de que as teorias nos contam sobre relações (LADYMAN, *op. cit.*, p. 19).

Uma das motivações para o desenvolvimento do realismo estrutural, segundo Ladyman, é a de dar uma explicação *satisfatória* para a questão dos "novos sucessos preditivos" das teorias, já que o argumento do milagre não seria capaz de dar suporte ao realismo científico (*ibid.*). A questão-chave seria, então, a seguinte: como é possível as relações de um modelo predizer corretamente relações desconhecidas no mundo? O realismo estrutural (epistemológico) daria uma resposta vaga a esta questão, dizendo que a teoria capta a estrutura do mundo.[22] Para Ladyman, no contexto do dia-a-dia, nossa habilidade para predizer relações entre fenômenos está fundamentada em nossa aceitação da existência de objetos e suas propriedades. No que diz respeito ao mundo inobservável, o realismo sobre objetos inobserváveis tentaria prover um

---

[21] Não trabalharei essa ideia aqui, mas vale à pena observar que alguns pensadores associam a ideia de um objeto "velado ao conhecimento" do realismo estrutural epistemológico à famosa concepção kantiana da "coisa em si".

[22] Ver, por exemplo, WORRALL, 1989. Como já vimos, Bueno usa essa "vaguidade" para atacar o realismo estrutural em sua defesa de um *empirismo* estrutural (BUENO, 1999, p. 236). Ladyman observa que o antirrealista (van Fraassen) também não dá uma resposta adequada à questão.

fundamento similar. Todavia, um requisito para o desenvolvimento satisfatório do realismo estrutural é o de explicar como podemos representar a estrutura das relações modais entre fenômenos no mundo, *sem objetos figurando nessa explicação* (LADYMAN, *op. cit.*).

Para Ladyman, uma justificativa para adotarmos o realismo estrutural como uma teoria adequada para lidar com a questão dos novos sucessos preditivos da ciência, seria que algumas das novas predições mais importantes da ciência são diretamente obtidas de modelos altamente teóricos. Assim, para Ladyman, as partes mais teóricas de uma teoria, a estrutura matemática abstrata empregada ao grande nível de generalidade, devem ter algum suporte na realidade.[23] Ladyman lança sua proposta nos seguintes termos:

> O que estou afirmando, então, é que o realismo estrutural deveria ser desenvolvido como uma tese metafísica radical, ao invés de uma tese epistemológica cautelosa. Estou sugerindo que o realismo tradicional seja substituído por uma explicação que permita uma relação global entre modelos e o mundo, a qual possa suportar os sucessos preditivos das teorias, mas que não se baseie sobre a bem sucedida referência dos termos teóricos às entidades individuais, ou a verdade de sentenças envolvendo-as (*op. cit.*, p. 19).

Outra motivação para o desenvolvimento de uma versão ontológica do realismo estrutural, por parte de Ladyman, é declaradamente as questões filosóficas da física contemporânea. Segundo ele, embora o problema do realismo na filosofia da mecânica quântica seja usualmente discutido independentemente do assunto geral do realismo – devido à existência de importantes diferenças entre o que está em jogo nos dois debates –, eles possuem pelo menos um ponto em comum, a dificuldade de manter uma ontologia tradicional de objetos e suas propriedades. De um lado, a mudança de teorias (descontinuidade ontológica) no realismo científico tradicional; do outro, o teorema de Bell e o emaranhamento (*entanglement*) quântico no realismo da mecânica quântica (*ibid.*).

---

[23] Ladyman acredita que uma filosofia da matemática é um requisito necessário para a abordagem semântica em geral, e a explicação do realismo estrutural em particular (*ibid.*, nota 18). Mais tarde, French e Ladyman afirmarão que a fronteira entre a matemática e a física, no contexto do realismo estrutural ontológico, pode tornar-se nebulosa (*blurred*) (*ibid.*). Voltarei a esta questão no capítulo 6.

Segundo Ladyman, a contraparte do debate do realismo na filosofia da mecânica quântica, com respeito à teoria da relatividade geral, é o debate sobre o substancialismo. Ladyman aponta as então recentes sugestões de Robert Disalle de que a *estrutura* do espaço-tempo deva ser aceita sem apoio (*supervenience*) sobre a realidade dos pontos do espaço-tempo.[24]

Mais recentemente, French e Ladyman apontaram como principal motivação para o desenvolvimento do realismo estrutural ontológico o problema filosófico da subdeterminação da metafísica pela física moderna, em termos de individualidade/não-individualidade. Segundo os autores, essa questão lança um obstáculo fatal ao realismo científico tradicional.[25] Se as teorias físicas representam o mundo tal como ele é, segundo afirmam os realistas, e se a física é compatível com ambos os pacotes metafísicos de indivíduos/não-indivíduos, então qual é a metafísica do mundo, a de indivíduos ou a de não-indivíduos? Esta questão colocaria em xeque o realista padrão[26]; van Fraassen, vendo esse desafio ao realista – e certo "desdém" desse para com ele –, expressou sua conclusão com um "adeus metafísica", deixando o campo livre para o empirismo construtivo (FRENCH; LADYMAN, 2003a).[27]

O problema da subdeterminação está na noção clássica de objeto. Para French e Ladyman, a única maneira de solucionarmos a questão seria adotarmos o realismo estrutural ontológico.[28] Entendendo os objetos estruturalmente, podemos dizer que os pacotes metafísicos de individualidade e de não-individualidade são apenas diferentes representações (metafísicas) – modelos diferentes – da mesma estrutura. E uma maneira de entender essa estrutura em termos matemáticos,

---

[24] Não abordarei essa questão nesta tese. Indico, para uma primeira leitura e referências adequadas, LADYMAN, 1998; FRENCH; LADYMAN, 2003a; STACHEL, 2002, 2004, 2005.

[25] A questão da subdeterminação será investigada mais detidamente abaixo.

[26] Para uma crítica a essa afirmação, ver CHAKRAVARTTY, 1998; para uma réplica, ver FRENCH; LADYMAN, *op. cit.*, nota 14.

[27] "*Goodbye to metaphysics*" é o título da última seção do livro de van Fraassen sobre mecânica quântica.

[28] French e Ladyman lembram que Arthur Eddington também teria tomado as implicações da mecânica quântica para a individualidade das partículas como motivação para o seu estruturalismo. Segundo Eddington, a mecânica quântica implica que as partículas "últimas" (fundamentais) são "unidades estruturais idênticas"; e "[...] toda variedade tem origem na estrutura, e não nos elementos externos à sua construção." (EDDINGTON, 1939, p. 135 apud FRENCH; LADYMAN *op. cit.*, p. 51, nota 16) As partículas seriam então "um produto da análise da estrutura de grupo", e não seriam essenciais para a existência da estrutura. Em uma frase que, segundo os autores, assemelha-se ao que eles estão querendo sustentar, Eddington afirma: "[d]o nosso ponto de vista, a relação vem primeiro" (*ibid*.).

afirmam os autores, seria através da teoria de grupos, fundamental no formalismo da mecânica quântica. Vejamos como isso pode ser entendido.

O realismo estrutural tradicional, em sua versão epistemológica, sustenta uma distinção entre ontologia, natureza ou conteúdo de um lado e estrutura de outro (ver WORRALL, 1989, por exemplo). Segundo French e Ladyman, o realismo estrutural ontológico não permite tal dicotomia, já que ele sustenta uma "reconceitualização" da ontologia, no nível mais básico, que oferece uma mudança de objetos para estruturas. Essa "reconceitualização" seria motivada pelo entendimento desses "objetos" como indivíduos de alguma espécie. Como já tivemos a oportunidade de mencionar, esse entendimento culmina na subdeterminação metafísica em termos de individualidade/não-individualidade, o que traria grandes problemas ao realista. Se reconhecermos tal subdeterminação, então uma forma adequada de realismo para a física precisa ser construída sobre uma base ontológica alternativa, a qual substitua a noção tradicional de um objeto em termos de indivíduo/não-indivíduo por uma noção estrutural de objeto, em algum sentido.

A questão seria, então, se essa "reconceitualização" não violaria um dos requisitos básicos do realismo, o de um mundo independente da mente. Isto é, a objetividade pode ainda ser mantida sem os objetos (entendidos individualmente)? Essa é uma preocupação que os autores remontam a Cassirer, que escreve: "não estamos muito preocupados com a existência das coisas, mas sim com a validade objetiva das relações; todo o nosso conhecimento dos átomos pode ser redirecionado a essa validade." (CASSIRER, 1936, p. 143 apud FRENCH; LADYMAN, p. 38) Para Cassirer, na mecânica clássica, a objetividade está na persistência espaço-temporal de objetos individuais. Isso formaria a base da "visão de mundo" da física clássica (de partículas), onde teríamos objetos individuais possuindo propriedades temporais e trajetórias espaço-temporais bem definidas, e seria essa "visão de mundo" que a mecânica quântica aparentemente questionaria (pelo menos na versão ortodoxa). No entanto, segundo French e Ladyman, não podemos dizer que as partículas possuem, o tempo todo, propriedades definidas, não ambíguas – mesmo além das interações de mensuração –, ou que elas sempre viajam com trajetórias bem definidas (*ibid*.). Assim, Cassirer é levado a perguntar: "[...] o que são esses elétrons cuja trajetória não podemos seguir? Existe algum sentido em atribuir a eles uma definida, e estritamente determinada existência que, entretanto, é-nos apenas parcialmente acessível?" (CASSIRER, p. 178 apud *op. cit.*, p. 39). E é respondendo a essa questão que Cassirer lança, segundo os autores, uma exigência fundamental do realismo estrutural ontológico: as "condições de acessibilidade" como "condições dos objetos da experiência", em suas palavras,

> [...] não mais existirá um objeto empírico que em princípio possa ser designado como totalmente inacessível; e podem existir classes desses objetos que teremos que excluir do domínio da existência empírica porque é mostrado que com os meios de conhecimento empíricos e teóricos à nossa disposição, elas não são acessíveis ou determináveis (CASSIRER, p. 179, apud FRENCH; LADYMAN, p. 39).

Então, o que são os elétrons? Segundo Cassirer, nada como objetos individuais. Referimo-nos a eles como objetos somente porque nos falta o aparato lógico-linguístico adequado para fazermos de outra maneira. Desse modo, French e Ladyman concluem: não existem objetos epistemologicamente inacessíveis além das estruturas que podemos conhecer (*ibid.*).

Uma propriedade intrínseca como carga, por exemplo, é descrita de acordo com as leis relevantes da física. O que Cassirer afirmaria, então, é que teríamos uma inversão da relação clássica entre os conceitos de objeto e lei. Em vez de começarmos com uma entidade absolutamente definida que possui certas propriedades, e que entra em relações bem definidas com outras entidades, onde essas relações são expressas como leis da natureza, começaremos agora com as leis que expressam as relações em termos das quais as entidades são constituídas. Ou seja, do ponto de vista estruturalista, a entidade não constituiria um ponto de partida auto-evidente, mas o objetivo final e a conclusão das considerações. Assim, *a objetividade é determinada através da lei*, que é anterior a ela, e os limites da lei são os limites do nosso conhecimento objetivo (*ibid.*). É garantido, desse modo, o requisito básico do realista, o de um mundo independente da mente.[29]

Voltando à questão da subdeterminação, de que modo ela é acomodada na matemática clássica (que supostamente trata de indivíduos)? Segundo French e Ladyman, nós vemos, por exemplo,

[29] Voltarei a este ponto no capítulo 6.

flashes de luz brilhante (*flashes* individuais) em uma tela cintilante, e esse fato parece suportar uma metafísica de individualidade para os objetos quânticos. Sobre a base desse fenômeno observável tentamos, então, transportar nossa metafísica de individualidade, que é apropriada ao domínio clássico. Todavia, o modo pelo qual as permutações são tratadas na mecânica quântica é totalmente diferente do da física clássica, e isso faria surgir novamente a subdeterminação. Desse modo, temos um "pacote" metafísico de objetos individuais ao qual a matemática e a física da teoria quântica são aplicadas, e essas, por sua vez, questionam o próprio "pacote" metafísico do qual partimos. Desta perspectiva, dizem os autores, os objetos teriam apenas uma função *heurística*, nos permitindo aplicar a matemática clássica, conduzindo-nos às estruturas teóricas de grupos, digamos. Uma vez feito isso, os objetos poderiam ser dispensados (FRENCH; LADYMAN, 2003a).

Para finalizar, levanto aqui aquela que tem sido considerada a questão mais desafiadora ao realismo estrutural ontológico, cuja solução é imprescindível para o seu desenvolvimento. Como as estruturas podem ser anteriores, em algum sentido, aos objetos, se elas – entendidas como um sistema de relações – tradicionalmente necessitam desses objetos, os *relata*, para serem definidas? As relações relacionariam o quê? Como uma estrutura pode ser relacional *em si mesma*? Em qual teoria (matemática) essa estrutura deve ser definida? Essas questões são fundamentais numa defesa do realismo estrutural e voltarei a falar delas no capítulo 6. Por ora, vejamos em mais detalhes um dos pontos mencionados acima.

2.3 O PROBLEMA DA INDIVIDUALIDADE DAS PARTÍCULAS ELEMENTARES E A SUBDETERMINAÇÃO METAFÍSICA

French e Krause encerram o capítulo 4 de seu livro *Identity in Physics: A Historical, Philosophical, and Formal Analysis* apresentando um tipo de subdeterminação – chamada por eles de "metafísica" – onde num certo sentido específico a questão da individualidade (ou a falta dela) nas discussões sobre os fundamentos da mecânica quântica implicaria que essa – e aparentemente também suas "extensões" – é compatível com duas teorias metafísicas distintas e contraditórias, uma que concebe as partículas elementares como indivíduos e outra que as entende em termos não-individuais (FRENCH; KRAUSE, 2006, § 4). French e Ladyman, por sua vez, apontam essa subdeterminação como uma das principais motivações teóricas para o desenvolvimento do realismo estrutural ontológico (FRENCH; LADYMAN, 2003a). Antes de tratar dessa subdeterminação com mais detalhes, mostrarei alguns tipos de subdeterminação que apareceram na filosofia da ciência ao longo de sua história.

Seguindo French, a forma mais clássica de subdeterminação que encontramos na filosofia da ciência é a da teoria ou formulação perante o fenômeno. Como diz esse autor:

> Adotando o quadro de representação da chamada abordagem "semântica", podemos apresentar esta forma de subdeterminação em termos da possibilidade de que um determinado conjunto de sub-estruturas empíricas pode ser incorporado em mais de um conjunto de estruturas teóricas (FRENCH, 2009a, p. 2).

Em outras palavras, a idéia geral é a de que o mesmo conjunto de fenômenos pode ser explicado por diferentes formulações teóricas, contraditórias entre si, inclusive. Isso de certa maneira colocaria em xeque as teorias sustentadas pelo realista científico.[30] De fato, se esse pretende de alguma forma sustentar que determinada teoria é "verdadeira" – ou aproximadamente verdadeira – e, assim, representa "o mundo (aproximadamente) tal com ele é", então como explicar a mútua adequação de teorias contraditórias a um mesmo conjunto de fenômenos? Essas teorias podem até mesmo admitir entidades totalmente distintas, ou seja, podem possuir distintas ontologias (FRENCH, 2009a).[31] Deixando momentaneamente esse assunto de lado, vejamos quais outras formas de subdeterminação podemos encontrar na filosofia da ciência.

Outro tipo de subdeterminação apontada por French é a modal. Para ele, essa versão é semelhante à anterior, mas dá uma ênfase maior à história da ciência. Num estágio avançado de uma teoria científica, a formalização e a axiomatização podem surgir. Nesse caso, se fizermos a relação entre teoria e interpretação, torna-se patente que um determinado sistema formalizado pode ter diferentes interpretações (modelos) e que, seguindo os critérios de adequação empírica determinados, eles podem adequar-se da mesma maneira aos fenômenos (FRENCH, 2009a). O elemento modal mencionado acima entraria

---

[30] Falarei mais detidamente do realismo científico no capítulo 4.

[31] O realista estrutural oferecerá uma proposta de solução a esse problema, que veremos no último capítulo da tese.

quando consideramos que, olhando para a história da ciência, vários caminhos alternativos *possíveis* poderiam ter sido adotados, em detrimento do prevalecente. Mais uma vez, o realismo científico ver-se-ia assim solapado. French argumenta em seu artigo que isso provém da visão "romântica" do cientista como um "descobridor" de teorias, visão essa que quase sempre deixa de lado os aspectos heurísticos e históricos do próprio contexto de desenvolvimento dessas teorias (*ibid.*; ver também FRENCH, 2009b, § 2 e 3).

Outra questão que se levanta é a de sabermos o quão possível são esses caminhos alternativos. Qual o critério epistemológico de possibilidade estabelecido? É ele infalível, absoluto? Quando determinada teoria é elaborada e testada empiricamente, grande parte do que possibilita isso é devido a questões de época, no sentido do que há de ferramentas disponíveis, recursos teóricos (por exemplo, lógicos ou matemáticos) ou tecnológicos (sofisticação de aparelhos de medição etc.). Alguém poderia sustentar que Isaac Newton *possivelmente* – num certo sentido específico deste conceito – poderia ter elaborado uma teoria da relatividade, aos moldes da de Einstein, por exemplo. Cabe-nos agora questionar se de fato havia ferramentas – teóricas e de testabilidade empírica – disponíveis à época. Esse argumento, porém, pode também ser utilizado para questionar alguma forma de realismo científico, pois mostraria que as teorias são apenas momentâneas, não satisfazendo assim o desejo de espelhamento da realidade, como esperam muitos realistas. Essa crítica, todavia, nada mais é do que uma versão da velha conhecida metaindução pessimista, e uma provável refutação dessa por parte do realista estrutural ontológico também resolveria o problema acima (FRENCH, 2009a).

Outro tipo de subdeterminação apontado por French consiste no que ele chama de "subdeterminação de Jones". Roger Jones, em um artigo intitulado *Realism about What?*, oferece um tipo de subdeterminação semelhante à "clássica" apresentada acima. Segundo ele, o realismo

> [...] concebe a ciência madura como povoando o mundo com um conjunto claramente definido e descrito de objetos, propriedades e processos, e progredindo para o constante aperfeiçoamento das descrições e consequente clarificação da taxonomia referencial para uma completa correspondência com a ordem natural (JONES, 1991, p. 186 apud FRENCH, 2009a, p. 4).

Jones oferece, então, exemplos de interpretações diferentes que postulam objetos, propriedades e processos distintos, mas que, no entanto, são suportadas pelo mesmo conjunto de fenômenos. Segundo French, o exemplo mais crítico apresentado por Jones seria aquele das formulações hamiltoniana e lagrangeana da mecânica clássica. Acredita French, todavia, que mesmo esse caso pode ser superado pelo realismo estrutural ontológico – veremos como isso poderia ser feito logo adiante.

O último tipo de subdeterminação apresentado por French é o metafísico. Esse tipo de subdeterminação surgiu após longa análise feita sobre o problema da identidade/individualidade na filosofia da física quântica. Como mencionei no início desta seção, French e Krause chegam à conclusão de que o formalismo da mecânica quântica pode suportar dois pacotes metafísicos distintos, um que vê as partículas elementares como indivíduos, sendo essa a interpretação usual, mas que traz grandes dificuldades do ponto de vista filosófico, e o outro que os vê como não-indivíduos, que tem a vantagem de eliminar vários problemas filosóficos, mas que tem ainda pouco destaque entre os físicos – claro que me refiro aqui àqueles que têm certo interesse por questões filosóficas e de fundamentos, já que essa questão não afeta a "prática" do físico. Sendo esse tipo de subdeterminação uma das grandes motivações para a versão ontológica ou metafísica do realismo estrutural ontológico, no que segue farei uma digressão para apresentar com mais detalhes como ela surge.

Quando do nascimento da mecânica quântica, alguns eminentes físicos com inclinações filosóficas, entre eles Erwin Schrödinger, ganhador do prêmio Nobel, notaram uma surpreendente conseqüência filosófica dessa teoria. Segundo Schrödinger, na física quântica – no que diz respeito às partículas elementares –, o conceito de identidade não se aplica (SCHRÖDINGER, 1952, p. 17-8; 2000, p. 60-6). O termo "indistinguível" *não* será utilizado aqui como sinônimo de "idêntico". Apesar de a maioria dos físicos usarem o termo "idênticas" para referir-se a essas partículas, usarei o primeiro termo, indistinguíveis, para referir-me a elas, isso porque na matemática (clássica) – e também, em geral, na filosofia –, "idêntico" implica a não diversidade numérica. Ou seja, se $x = y$, então 'x' e 'y' representam a *mesma* entidade; diz-se normalmente que eles são apenas nomes, conotações, símbolos etc., do *mesmo* objeto (utilizarei aqui o símbolo de igualdade '=' para representar a identidade). Segundo French e Krause, a diferença nos nomes '*x*' e '*y*', por exemplo, refletiria uma diferença epistemológica, e não ontológica; podemos, assim, eliminar a diferença dos nomes e ficar com $x = x$, a identidade então se reduz a auto-identidade (FRENCH e KRAUSE, 2006, § 1). Por outro lado, isso certamente não é o que ocorre com as partículas elementares da física quântica. Se, digamos, o átomo de hélio possui dois elétrons "orbitando" ao redor do núcleo, e se "chamarmos", "identificarmos"[32], esses elétrons de x e y, por exemplo, obviamente o físico não quer dizer com $x = y$ que eles são o *mesmo* objeto.

Na verdade, como observam French e Krause, tanto as partículas clássicas quanto as quânticas (de mesma espécie ou tipo) são *indistinguíveis*, no sentido de partilharem o mesmo conjunto de propriedades intrínsecas (independentes de estado), como carga, massa, *spin* etc. Há, todavia, uma diferença fundamental no comportamento dessas coleções de partículas, o que é caracterizado pelas estatísticas clássica e quânticas, respectivamente (*ibid*.). Em poucas palavras, na mecânica clássica, as estatísticas de Maxwell-Boltzmann contam como *distinto* do original o arranjo obtido após a permutação de partículas entre estados, o que não acontece nas estatísticas quânticas de Bose-Einstein e Fermi-Dirac. Muitos argumentam, portanto, que as partículas clássicas são indivíduos de alguma espécie.[33] O fato é que, como argumenta Krause, esses objetos são mesmo tratados como *indivíduos* de certa espécie, aos quais podemos atribuir propriedades, atributos e nomes, bem como equacionar suas trajetórias (KRAUSE, 1999; FRENCH; KRAUSE, 2006).

Um indivíduo seria então algo que pode ser considerado como uma "unidade individual", tendo alguma característica só sua, ou seja, um "algo" que o individualizaria. Já que, no sentido referido acima, tais partículas são indistinguíveis, sua individualidade deveria ser descrita por algo que "transcenda" suas propriedades (KRAUSE; SANT' ANNA; VOLKOV, 1999; KRAUSE, 1999; FRENCH; KRAUSE, 2006). O problema estaria em identificar esse "algo". Algumas alternativas apontadas na literatura sobre o assunto seriam *primitive thisness* (da qual a auto-identidade seria um candidato), *haecceity*, unidade fundamental, localização espaço-temporal ou *substratum*, do qual John Locke expressou-se em termos de "um não sei o quê"

---

[32] Como veremos a seguir, este seria justamente o problema: aparentemente, não podemos "chamá-los", "identificá-los" de um modo não-ambíguo.

[33] É claro que uma investigação sobre as características do objeto "clássico" seria fundamental aqui. Voltarei a falar sobre as várias concepções de objeto no capítulo 4.

(FRENCH; KRAUSE, *op. cit.*; POST, 1963). No caso da física clássica, a "propriedade" espaço-temporal assume implicitamente algum *princípio de impenetrabilidade*, isto é, objetos ditos "clássicos" seriam impenetráveis: em poucas palavras, no sentido de não poderem ocupar o mesmo lugar no espaço no mesmo instante de tempo.[34]

Por outro lado, segundo French e Krause, nas estatísticas quânticas, o postulado da indistinguibilidade (PI) assegura que, se uma permutação é aplicada a uma coleção de partículas em qualquer estado, então *não existe maneira de distinguir* a função resultante do estado original por meio de qualquer observação, em qualquer tempo. O PI é um dos princípios mais básicos da teoria quântica, e implica que permutações de partículas quânticas não são consideradas como observáveis (*ibid.*). Este postulado é geralmente interpretado de duas maneiras. A primeira afirma que PI implica que partículas quânticas não podem ser observadas como indivíduos, já que um indivíduo deveria ser algo que tivesse propriedades semelhantes àquelas dos corpos (macroscópicos) usuais. Essa interpretação aparentemente estaria de acordo com o que é assumido na teoria quântica de campo, pois, em termos gerais, as teorias quânticas de campos não lidam com indivíduos.[35] A segunda maneira é considerar as partículas quânticas como indivíduos em algum sentido, e a contagem não clássica das estatísticas quânticas seria então entendida como resultando de restrições impostas ao conjunto de possíveis estados acessíveis às partículas. Ou seja, resumindo, apenas estados simétricos e anti-simétricos estariam disponíveis, e a individualidade inicialmente associada às partículas seria então "velada" por tal critério. Ambas as alternativas, no entanto, embora usadas na literatura corrente, apresentam problemas do ponto de vista filosófico.

Como vimos brevemente, a questão da individualidade de partículas elementares na física quântica é um tanto obscura, pelo menos do ponto de vista filosófico. Assim, foi sugerido que essas partículas seriam *não-indivíduos*. O caminho mais adotado, entretanto, continua sendo o de considerar um pacote metafísico alternativo, que sustenta que os objetos quânticos são indivíduos de alguma espécie, mas totalmente diferentes dos objetos descritos pela mecânica clássica.[36]

---

[34] Aparentemente, partículas quânticas violariam esse princípio quando entram nos chamados "estados de emaranhamento".

[35] Não vou me aprofundar nesta questão aqui. Para referências, ver KRAUSE; SANT' ANNA; VOLKOV, 1999.

[36] Para detalhes, ver FRENCH; KRAUSE, *op. cit.*

French e Krause acreditam que a teoria de quase-conjuntos é uma proposta que segue a segunda abordagem. Usando a teoria de quase-conjuntos, não estamos comprometidos com a suposição de que partículas quânticas são, pelo menos em princípio, objetos individualizáveis, cuja indistinguibilidade é relacionada somente *a posteriori*, escolhendo vetores simétricos e anti-simétricos ou, de maneira alternativa, as soluções simétricas e anti-simétricas da equação de Schrödinger (FRENCH; KRAUSE, 2006).

Por outro lado, observamos que, usando a matemática clássica – erigida, digamos, na teoria de conjuntos ZF (Zermelo-Fraenkel) – para fundamentar a teoria quântica, estamos necessariamente comprometidos com *indivíduos* de alguma espécie (FRENCH; KRAUSE, *op. cit.*). Isso seria assim porque, *grosso modo*, cada entidade é, no fim das contas, um conjunto, e um conjunto seria, segundo Cantor, "[...] qualquer coleção, reunida numa totalidade *M*, de objetos *m* definidos e *distintos* (os quais são chamados de "elementos" de *M*) de nossa intuição ou pensamento" (CANTOR, 1955, p. 85 apud KRAUSE, 1999, p. 165; ênfase minha). Mesmo se a teoria de conjuntos incorpora átomos (*urelementos*), como talvez fosse o mais adequado no caso de sua aplicabilidade nas ciências empíricas[37], esses átomos são igualmente individualizáveis, uma vez que, dado qualquer átomo a, sempre se pode obter dos axiomas da teoria o seu conjunto unitário $\{a\}$, de forma que $b \in \{a\}$ se e somente se $b = a$. A existência dos unitários de cada átomo mostra que, não obstante eles possam ser invariantes por automorfismos, são *indivíduos* (KRAUSE; COELHO, 2005). Diferentemente da maneira usual – e seguindo de perto a proposta de Heinz Post (1963) de que a não-individualidade dos objetos quânticos deveria ser considerada *right from the start* –, na teoria de quase-conjuntos a ordem de consideração das entidades quânticas é invertida; a indistinguibilidade entre certos objetos quânticos é assumida como um *conceito primitivo* e a indistinguibilidade não implicará identidade.

Dissemos acima que partículas elementares da mesma espécie são indistinguíveis, no sentido de partilharem todas as suas propriedades *intrínsecas*. Outra questão a ser considerada é a da natureza das propriedades a serem consideradas como "propriedades lícitas" dos objetos quânticos. A questão está relacionada com o conceito de indistinguibilidade tal qual apresentado acima. Se partículas indistinguíveis (de alguma espécie) são aquelas que possuem o mesmo

[37] Na seção 6.2.3, porém, irei reconsiderar isso.

conjunto de propriedades, então parece razoável clamarmos por uma clarificação de tais propriedades.[38]

Foi mencionado por alguns autores que é necessário restringir a coleção de propriedades para certos casos particulares. Qualquer que seja a definição adotada, entretanto, parece que há apenas razões *ad hoc* nas tentativas de rejeitar alguns atributos possíveis de uma coisa como *propriedades legítimas* dela, e o mesmo acontece se essa “coisa” for uma partícula elementar. Em poucas palavras, podemos entender melhor esse ponto da seguinte maneira.[39]

Quando consideramos o chamado princípio de identidade dos indiscerníveis (PII), que remonta pelo menos a Leibniz[40], e que pode ser formulado em uma linguagem de segunda ordem com igualdade como: $\forall P(P(x) \leftrightarrow P(y)) \rightarrow x = y$, onde P é uma variável para predicados e x e y são variáveis individuais – P pode ser interpretado como uma propriedade que percorre o conjunto de atributos de x e y –, devemos entender o quantificador universal “$\forall$” como a lógica clássica o faz (pressupondo a validade da lógica clássica por hipótese). Isto é, “qualquer que seja” significa *para todo*, e não para alguns. Assim, é imperativo que se considere o domínio desse quantificador, ou seja, que se especifique o que são as propriedades dos objetos x, y etc. Apesar disso parecer trivial, sem esta observação não poderíamos justificar as restrições do escopo de P às propriedades monádicas apenas, ou às propriedades relacionais, ou àquelas espaço-temporais. Em todos esses casos, podemos dizer que PII não foi assumido por completo, já que o escopo de P foi restringido. O fato de existirem várias formas de PII, portanto, sustentaria o argumento de que não existem razões para supormos que algumas espécies de atributos, propriedades relacionais, por exemplo, não são lícitas (KRAUSE, 1999).

Numa possível definição, intuitivamente, cada fórmula de uma linguagem adequada com apenas uma variável livre pode ser tida como uma “propriedade”. Segundo Krause, Sant’Anna e Volkov, mesmo a propriedade “problemática” da auto-identidade Ia de um objeto a,

---

[38] Implicitamente, está sendo adotada aqui uma teoria que identifica um objeto com o feixe de suas propriedades, geralmente chamadas de *bundle theories*. As *bundle theories* terão um papel importante na minha defesa do realismo estrutural ontológico; voltarei a falar mais detidamente delas à frente. Ver também a seção 4.4.

[39] Lembro, mais uma vez, que apresento aqui apenas um breve *esboço* da problemática, uma descrição completa pode ser vista em FRENCH; KRAUSE, *op. cit*.

[40] Versões desse princípio podem ser encontradas em *A Monadologia*, *Discurso de Metafísica* e em outros de seus escritos.

definida por $Ia(x) \leftrightarrow x = a$, deve contar como lícita. O problema estaria no fato que, se Ia é incluído na classe dos atributos de a, então de cada objeto b que partilhe todas as suas propriedades com a (isto é, cada objeto indistinguível de a) segue-se que $Ia(b)$ e, portanto, ele é idêntico a a. O problema passa então a ser o seguinte: se x e y – da fórmula acima – são as tais "partículas elementares indistinguíveis", e tendo em consideração o que dissemos acima, PII é *falso*; por outro lado, se uma propriedade como Ia é incluída aos atributos de a, então segue que PII *não* é falso, na verdade, pode ser provado que ele é um *teorema* da lógica clássica de segunda ordem. Uma saída para esse impasse – se assumirmos a indistinguibilidade dos objetos quânticos e quisermos negar alguma forma do PII – seria *restringirmos* as propriedades ou atributos de uma entidade (KRAUSE, 1999; KRAUSE; SANT'ANNA; VOLKOV, 1999; FRENCH; KRAUSE, 2006).

Na teoria de quase-conjuntos mencionada anteriormente não é necessário fazer tais restrições – que seriam *ad hoc* –, sobre o conjunto de propriedades possíveis de uma partícula elementar, pois nessa teoria a falta de identidade de alguns objetos quânticos permitiria, do ponto de vista sintático, que fosse considerada como lícita mesmo uma propriedade como $Ia(x)$, no entanto, ela não poderá ser adequadamente atribuída a a, já que o conceito de identidade (representado pelo símbolo de igualdade) não terá sentido para objetos desse tipo (KRAUSE, 1999). A teoria de quase-conjuntos encerra, então, uma formalização das idéias presentes nos trabalhos de Schrödinger, Heisenberg, Born, entre outros, sobre a falta de identidade das partículas quânticas, e figura como uma proposta de tratar a questão, como sugeriu Post, *right from the start*, e não com "truques" introduzidos *ad hoc*.

Finalmente, após essa digressão, posso agora voltar à subdeterminação metafísica. Considerando-se a situação acima, onde o formalismo da mecânica quântica apresenta-se compatível com dois pacotes metafísicos totalmente distintos, um que toma as partículas elementares como indivíduos, assim como é feito com as chamadas "partículas clássicas", porém, com certas restrições – não triviais, acrescento –, ou essas entidades são não-indivíduos, pois faltam a elas condições adequadas de identidade. Essa situação levou alguns autores à conclusão de que o formalismo da física quântica não pode decidir entre uma metafísica de indivíduos ou não-indivíduos gerando, assim, uma subdeterminação (FRENCH; REDHEAD, 1988; FRENCH, 1989; FRENCH; KRAUSE, 2006, § 4). Um antirrealista – van Fraassen, por exemplo – dirá que a escolha por um desses pacotes metafísicos só pode ser arbitrária, o que reforçaria a ideia de que a adequação empírica é o máximo que o cientista pode almejar de uma teoria.

Por exemplo, a afirmação de certos filósofos naturalistas de que podemos simplesmente "ler" nossa metafísica da física relevante, torna-se altamente suspeita (FRENCH, 2009a).[41] Existe alguma preferência a uma dessas visões ou pacotes metafísicos? Por um lado, se considerarmos as partículas elementares como indivíduos, estaremos comprometidos com uma complicada noção metafísica de individualidade transcendental, referida geralmente em termos de substância ou *primitive thisness*. A vantagem seria a de mantermos a lógica clássica e a teoria de conjuntos "ilesas". Por outro lado, se considerarmos tais partículas como não-indivíduos, livramo-nos da problemática noção metafísica da individualidade transcendental; no entanto, modificações serão necessárias no aparato lógico e matemático, o que foi sugerido através das chamadas lógicas de Schrödinger e teoria de quase-conjuntos, como vimos anteriormente.

Resumindo, a escolha por um dos pacotes metafísicos parece depender da formação particular de cada filósofo. Assim, um filósofo dito "ortodoxo", irredutível, aparentemente preferiria o pacote de *indivíduos*, preservando a lógica clássica e a teoria de conjuntos padrão; já uma mente mais aberta a novas perspectivas, estaria mais propensa a aceitar a possibilidade de *não-indivíduos*. Outra alternativa seria a adoção de uma teoria metafísica mais fundamental, que fosse capaz de suportar essas duas visões, e talvez o realismo estrutural ontológico possa ser essa teoria.[42]

Vimos que French e Ladyman apontaram o problema da subdeterminação como uma das principais motivações para o desenvolvimento do realismo estrutural ontológico. Para os autores, a subdeterminação da metafísica pela física lança um obstáculo crucial ao realismo científico tradicional. Se as teorias físicas representam o mundo tal como ele é, segundo afirmam os realistas, e se a física é compatível com ambos os pacotes metafísicos de indivíduos e não-indivíduos, então qual é a metafísica subjacente ao mundo, a de indivíduos ou a de não-indivíduos? Esta questão colocaria em xeque o realista padrão (FRENCH; LADYMAN, 2003a). Como já vimos, van

---

[41] Como mostrarei no próximo capítulo, James Ladyman e Don Ross irão propor uma metafísica naturalista, mas eles oferecerão uma alternativa ao problema da subdeterminação metafísica baseada no realismo estrutural.

[42] Defenderei alternativa semelhante no capítulo 6.

Fraassen, vendo esse desafio ao realista – e certo "desdém" desse para com ele –, expressou sua conclusão com um "adeus metafísica", deixando o campo livre para o empirismo construtivo.

O problema da subdeterminação surge a partir da noção (clássica) de *objeto*. Para French e Ladyman, uma maneira de solucionarmos a questão seria adotarmos o realismo estrutural ontológico; entendendo os objetos *estruturalmente*, podemos dizer que os dois pacotes metafísicos são apenas diferentes representações (metafísicas) de uma mesma estrutura. Uma maneira de entender essa estrutura em termos matemáticos, afirmam os autores, seria através da teoria de grupos, fundamental no formalismo da mecânica quântica; do ponto de vista filosófico, a abordagem mais adequada seria a semântica, justamente por sua ênfase na importância de estruturas e modelos (*ibid*.). No referido artigo, French e Ladyman, todavia, não especificaram como essa "reconceitualização" dos objetos em termos estruturais poderia ser feita.[43] Com respeito aos tipos de subdeterminação, apresentarei agora as sugestões que foram feitas para superá-los. Mais uma vez, minha principal referência é French (2009a).

Steven French apresenta e analisa várias tentativas de superar-se a subdeterminação.[44] A primeira delas é aceitar um determinado pacote metafísico, o que implicará na aceitação de uma determinada teoria em detrimento de outra. Essa alternativa, porém, pode agradar muitos realistas, mas dificilmente seria aceita por um antirrealista, um empirista construtivo, digamos. Sabemos que o estilo "clássico" de fazer-se metafísica foi duramente criticado, por exemplo, pelos empiristas lógicos; não quero entrar aqui na discussão da validade ou não de suas críticas, o fato é que elas tiveram grande influência na filosofia subsequente, mesmo depois do programa conhecido como "abordagem sintática", que oferecia certo suporte ao empirismo lógico, começar a declinar a partir dos anos 1950. Reconhecidos antirrealistas como van Fraassen esforçar-se-ão em mostrar que a metafísica pode ser abandonada, dando lugar à filosofia da ciência. É claro que tanto o realista quanto o antirrealista devem apresentar argumentos de por que devemos aceitar um pacote metafísico em vez de outro, no caso dos realistas, ou por que devemos rejeitar toda e qualquer metafísica, como sustentarão muitos antirrealistas.

---

[43] Posteriormente, Ladyman e Ross (2009, § 3) forneceram tal "reconceitualização". Apresentarei também uma sugestão no capítulo 6.

[44] Dentre elas, aprofundar-me-ei apenas na proposta pelo realismo estrutural ontológico.

Não podemos desconsiderar que desde as críticas feitas pelos empiristas lógicos à metafísica, essa se modificou sobremaneira, principalmente nas últimas décadas, levando muitos a acreditar que ela pode ser de grande ajuda para os fundamentos da ciência, ao menos quando esses encontram dificuldades que aparentemente estão "além" da experimentação empírica. Segundo French, Alan Musgrave, inclusive, acredita que deveria haver um contínuo entre metafísica e física (MUSGRAVE, 1992 apud FRENCH, 2009a). Nesse caso, entretanto, a metafísica não poderia ajudar no problema da subdeterminação sem incorrer em circularidade, pois se as duas, metafísica e física, formam um contínuo, então o problema nem mesmo deveria existir. A saída seria fundamentar a metafísica nela mesma. Segundo French, porém, poucas teorias metafísicas atuais estão preparadas para lidar com os problemas da física moderna, entre eles, o da subdeterminação.

A segunda maneira de superar-se a subdeterminação é adotar algum tipo de heurística. Tomando o termo "heurística" em seu sentido amplo, o de um "processo" de resolução de problemas que pode levar a uma melhor, mais profunda, compreensão de uma dada teoria, ou seja, a possíveis "novas formulações", poderíamos talvez sustentar que uma formulação particular poderia ter uma fecundidade heurística superior a outra, oferecendo assim certo critério de escolha e resolvendo a subdeterminação. Restar-nos-ia então ter uma boa justificativa para essa heurística.[45] O problema é que a heurística, nesse caso, parece mais bem sucedida numa reconstrução histórica, ao olharmos para o passado do desenvolvimento científico – se é que há algum – do que na solução instantânea da subdeterminação, ou seja, no momento em que ela surge. Esperar os desenvolvimentos científicos para mostrar qual teoria escolher parece, todavia, incoerente, e a justificativa "heurística-histórica" perde sua força, já que, nessa situação, o próprio desenvolvimento teórico da ciência já terá escolhido sua formulação "preferida". Além disso, o grau de fecundidade pode ser muito ambíguo, o que traria grandes dificuldades para a heurística. Por outro lado, parece também difícil fornecer uma justificativa "momentânea" da heurística. Aparentemente, estaria ela mais próxima de uma previsão do futuro desenvolvimento científico; aproximar-se-ia assim, nas palavras de French, a uma "nota promissória". É claro que essa visão traz consigo todos os problemas das "previsões do futuro". Concluindo essa

[45] French observa que não devemos confundir a justificativa da *heurística* com o contexto de justificativa das *ciências*.

saída heurística para o problema da subdeterminação, podemos ver que ou ela não o resolve, por vir apenas depois, ou tem que ser vista como uma "nota promissória", onde viria antes, também não satisfazendo o filósofo da ciência (FRENCH, 2009a).

A terceira saída para a subdeterminação apresentada por French é aquela que considera a formulação que envolve menos estruturas preferível a que envolve mais, fornecendo assim um critério para a escolha. Essa visão, formulada por Jill North, pretende resolver o problema das estruturas excedentes, supérfluas, de uma teoria que surge nas discussões sobre a descontinuidade ontológica. Nesse caso, segundo North, a teoria mais simples, a que tem menos estruturas, deve ser a preferida. Isso poderia resolver o problema específico da subdeterminação metafísica: seguindo um princípio metodológico (de simplicidade), dos dois pacotes metafísicos disponíveis – indivíduos e não-indivíduos – deveríamos optar pelo segundo, já que esse trabalharia com menos estruturas (*ibid*.).

Essa "solução" aparentemente entra em conflito com a heurística, já que o que pode garantir a fecundidade heurística são justamente essas estruturas excedentes (FRENCH, 2009a; FRENCH; KRAUSE, 2006, § 4). Segundo French e Krause, quando um formalismo matemático é incorporado à teoria física – por exemplo, quando a teoria de grupos é incorporada à mecânica quântica –, parece "natural" que o formalismo possua ferramentas não utilizadas pela teoria física na atualidade, mas que podem inclusive ser geradoras de novos desenvolvimentos (*ibid*.). Desse modo, uma crítica feita por French à proposta de North é a de que ela parece não corresponder totalmente à prática científica. Em suas palavras:

> Existem numerosos exemplos da fecundidade dessas estruturas excedentes, tal como as soluções de Dirac de suas famosas equações via "energias negativas", e o próprio Redhead considerou a importância das simetrias de Gauge na teoria de campos neste contexto: entendendo as transformações de Gauge como agindo não trivialmente somente sobre estrutura excedente, ele sugere que propriedades não-Gauge-invariantes [*non-gauge-invariant properties*] podem entrar na teoria através dessa estrutura, levando a futuros desenvolvimentos via introdução de outra estrutura excedente, como a

> dos campos fantasmas [*ghost fields*] etc. (FRENCH, 2009a, p. 9)

Outra crítica, mais geral, é acerca da simplicidade: o que garante que as formulações mais simples são as que melhor representam a "realidade"? Como já vimos, esse problema das estruturas excedentes poderia supostamente ser resolvido pelo realista estrutural ontológico apresentando-se uma estrutura comum a essas diversas formulações.

No caso específico da subdeterminação metafísica, outra tentativa de superá-la é apresentada por French nos seguintes moldes. Alguém que aceite que a metafísica pode ajudar a resolver problemas de subdeterminação poderia sair a favor do pacote metafísico de indivíduos argumentando que a famosa frase de Quine "nenhuma entidade sem identidade" é inquestionável e, consequentemente, não-indivíduos nem mesmo existem.[46] Como destaca French, esta frase de Quine foi famosamente questionada por Ruth Barcan Marcus, quem assegurou que o que vale é o contrário: "nenhuma identidade sem entidade". A escolha entre as duas opções dependerá de como a identidade é considerada, como sendo uma relação que se estabelece entre entidades (no caso, apenas uma) ou se ela faz parte da própria constituição da entidade. Dependendo de como escolhemos essas alternativas, podemos dizer que a subdeterminação foi superada ou não (FRENCH, *op. cit.*). Algumas das críticas feitas por Quine, no entanto, foram superadas pelo desenvolvimento das lógicas de Schrödinger e da teoria de quase-conjuntos, o que acabaria enfraquecendo essa possível solução da subdeterminação.

A última alternativa apresentada por French ao problema da subdeterminação é oferecida pela filosofia da teoria quântica de campos. Nessa teoria, o pacote metafísico de não-indivíduos de fato prevaleceria sobre seu rival, já que nessa teoria as "entidades" (campos) são vistas, desde o início, como não tendo identidade, e a teoria de quase-conjuntos juntamente com as lógicas de Schrödinger forneceriam o aparato lógico-matemático necessário para fundamentar isso. Um estudo aprofundado dessa possibilidade, todavia, escapa aos objetivos desta tese, o que me faz encerrar a questão da subdeterminação em filosofia da ciência considerando o realismo estrutural ontológico como a melhor alternativa, mas, antes que isso possa ser feito, preciso esclarecer mais alguns tópicos fundamentais.

---

[46] Ver, por exemplo, QUINE, 1975a.

3 A DIMENSÃO METAFÍSICA

Este capítulo tem como um dos objetivos esclarecer alguns pontos que caracterizam a metafísica, já que vários temas abordados nesta tese têm caráter metafísico. Em especial, quero, o máximo possível, indicar em qual possível sentido o realismo estrutural é uma teoria metafísica ou ontológica. Por exemplo, tentarei traçar quais as diferenças – se há – entre metafísica e ontologia, e se – como é usual – o realismo estrutural pode utilizar ambos os termos como se fossem equivalentes. Além disso, vejo como fundamental esclarecer duas coisas: 1) como o realismo estrutural justifica a importância de sua versão metafísica; e 2) qual o sentido de se falar em uma ontologia de estruturas, isto é, o que significa dizer que estruturas *existem*.[47]

3.1 BREVE CARACTERIZAÇÃO DA METAFÍSICA/ONTOLOGIA

Um tema-chave nos primórdios da filosofia é o do movimento ou mudança. Não seria exagero dizer que boa parte do que foi feito na filosofia da Grécia antiga tinha como meta tentar resolver o problema do devir. Quando Tales de Mileto funda a filosofia propondo que o princípio (*arché*/*physis*) do mundo (*kosmos*) era a água ou o úmido, restou-lhe explicar – ou, se explicou, não temos conhecimento – como esse elemento poderia dar origem a outros tantos tão diferentes, como o fogo. Se Tales não formulou uma resposta ou se formulou, mas ela se perdeu, é algo que provavelmente nunca saberemos. Interessa-nos, entretanto, notar que os filósofos subsequentes, Anaximandro, Anaxímenes, Anaxágoras, os pitagóricos, Heráclito e Parmênides, só para citar alguns, preocuparam-se, ao que tudo indica, em resolver o problema da mudança. Nesse sentido, Anaxímenes parece ter sido pioneiro ao afirmar que ao assoprarmos o ar com a boca mais fechada tornamo-lo mais fresco que ao assoprarmos com a boca mais aberta.[48] Ao dar essa explicação, aparentemente Anaxímenes oferece um princípio de mudança, além de acrescentar a dimensão quantitativa à típica visão qualitativa dos primeiros filósofos (COLLINGWOOD, 1960, p. 35-40). Avançando um pouco, encontramos nas filosofias de Heráclito e Parmênides – e seus seguidores – uma grande disputa teórica justamente acerca da mudança. É de todos bem conhecida a posição

[47] Algumas indicações sobre esses dois pontos já foram mencionadas no capítulo anterior e voltarão à cena no capítulo 5.
[48] Ver, por exemplo, BORNHEIN, 1998, p. 28-9.

tomada por Heráclito, assumindo que os objetos da *physis* estão em perpétuo estado de fluxo, ou seja, faz parte da natureza das coisas sensíveis se moverem. Para Heráclito, a mudança pode ser explicada através do combate ou guerra (*pólemos*) entre os opostos, o que gera uma alternância entre eles; a harmonia, para ele, está no próprio estado de guerra presente nos opostos da *physis* (HERÁCLITO, DK 6, 10, 26, 53, 84, 93, 123, 126). Seguindo essas concepções, Heráclito teria enunciado sua famosa passagem do rio: "nos mesmos rios entramos e não entramos, somos e não somos" (DK 49). Essa tese da mudança teria sido radicalizada por um seu discípulo, Crátilo, que, indo além do mestre, teria sustentado que poderíamos no máximo nos limitar a apontar as coisas, não podendo nem mesmo falar delas (ARISTÓTELES, *Metafísica*, 1010a 10-15; COLLINGWOOD, *op. cit.*, p. 65-8). Esse "incêndio da linguagem" opõe-se, antagonicamente, ao "congelamento da linguagem" que nasce da filosofia de Parmênides. O eleata sugeriu que qualquer movimento ou mudança era apenas aparente, pertencia a um mundo de Ser e não-Ser, finito, sujeito a geração e corrupção e que, ele mesmo, não passava de mera aparência. O mundo real, por outro lado, pensava Parmênides, é o mundo do Ser, incorruptível, eterno, ingênito (ver, por exemplo, BORNHEIN, 1998, p. 54-9).

Muito conhecida é também a série de argumentos propostos por um discípulo de Parmênides, Zenão de Eléia, tentando provar que a possibilidade da realidade do movimento levava a paradoxos, quase sempre devidos a contradições provocadas pela relação entre Ser e não-Ser. Sendo as contradições impedidas pelo princípio de não-contradição – já presente em alguma formulação nos fragmentos de Parmênides, mas cuja origem muito provavelmente os antecede –, acreditava ele ter provado que todo e qualquer movimento era aparente, já que o real não poderia admitir contradições. Ao que tudo indica, surge com Parmênides, pela primeira vez, a pergunta que se tornará central na metafísica clássica: que é Ser? O uso de 'S' maiúsculo na palavra 'Ser' não é despropositado. Já Parmênides acreditava que deveria tratar-se em última instância de um Ser em certo sentido "universal", Uno, muito além – também em um sentido determinado de "além" – dos seres individuais. O "congelamento da linguagem" surge do fato de o Ser, para Parmênides e seus discípulos, ser imutável, característica que provavelmente nenhuma linguagem, natural ou artificial, possui.

Platão, que teria sido influenciado por Parmênides e por Heráclito (por esse último, segundo Aristóteles, via Crátilo) – por ambos, tanto positiva quanto negativamente –, não pôde aceitar tal consequência, elaborando, como uma tentativa de "conciliação" dos dois, sua famosa teoria das ideias ou formas. Platão, a exemplo de Parmênides, estabeleceu uma distinção entre realidade (o que é) e aparência (o que não é, apenas parece Ser), identificando o mundo inteligível – eterno, imutável, ingênito etc. – com a realidade e o mundo sensível – corruptível, mutável, gerado etc. – com a aparência. Sustentou que o conhecimento (*episteme*) só é possível se for obtido da realidade (inteligível, imutável), relegando ao aparente (sensível, mutável) apenas a opinião (*doxa*).[49]

Aristóteles, por outro lado, distingue o existente completo (*ser*), do que está ainda em formação (*tornar-se*). Essa distinção talvez seja mais bem compreendida se considerarmos que Aristóteles advogava que há diferentes graus de realidade no centro da categoria do *ser*, já que para ele o ser se diz de vários modos (*tò ón légetai pollakhôs*). Aristóteles distinguia também o completamente real (ato) do que pode ser (potência), sendo que a mudança poderia ser explicada como passagem da potência ao ato.[50]

Embora com Platão – na verdade, de certa forma, desde os pré-socráticos – já possamos falar de "metafísica", essa surge como uma das ciências pertencentes à filosofia apenas com Aristóteles.[51] Ao referir-se possivelmente aos embates entre heraclitianos e parmenidianos, diz Aristóteles que,

> embora o mutável ao mudar ofereça um certo efetivo fundamento para supor que o mutável *não é*, ainda assim há nisso algo de discutível, pois aquilo que está desfazendo qualquer qualidade

---

[49] Como só estou mencionando muito vagamente alguns fragmentos da teoria de Platão, não estou fornecendo referências. Sua teoria das ideias ou formas pode ser encontrada em vários de seus diálogos, como *A República*, *Fédon*, *Ménon*, *Teeteto*, *Parmênides* etc. No *Timeu*, Platão sugere que a mudança pode ser explicada através das diferentes combinações de quatro sólidos regulares, que são associados aos quatro elementos de Empédocles: fogo = tetraedro; ar = octaedro; água = icosaedro; e terra = cubo.

[50] Isso só fica completo se adicionarmos à passagem da potência ao ato sua teoria das quatro causas.

[51] Nunca é demais lembrar que "ciência", para os antigos e medievais, têm um sentido diverso daquele concebido pelos modernos e contemporâneos, que darão a ela um sentido bem mais restrito. A palavra latina '*scientia*', que dá origem à portuguesa 'ciência' é uma das traduções para a palavra grega '*episteme*', traduzida, mais comumente, por 'conhecimento'; ou seja, para os antigos e medievais, 'ciência' era sinônimo de 'conhecimento teórico'. Vale ainda observar que o conceito moderno de ciência surgiu apenas no século XIX; disciplinas como física, química, astronomia etc. eram antes denominadas "filosofia natural".

> conserva algo do que está sendo desfeito, e daquilo que *vem a ser* já existe necessariamente. [...] [c]om efeito, é somente o domínio sensorial que nos cerca que se mantém submetido à corrupção e a geração. Entretanto, esse domínio representa uma fração ínfima do todo, o que nos levaria a pensar que teria sido mais justo da parte deles [supõe-se que Aristóteles esteja se referindo aos heraclitianos] absolver o primeiro (o ínfimo domínio sensorial) em função do segundo (o todo) do que condenar o segundo por conta do primeiro. (ARISTÓTELES, *Metafísica*: 1010a 15-30).

Assim, para Aristóteles, além das questões acerca da *physis*, típicas dos filósofos pré-socráticos, há um tipo de discussão que foge das limitações do sensível, uma investigação do ser, mas não apenas do ser natural, mas de um ser universal, e não restrita a características particulares desses, mas do ser enquanto ser. A isso denominou ele de *teologia* ou *filosofia primeira*, em oposição à filosofia segunda, a física. É justamente essa "filosofia primeira" que será posteriormente denominada "metafísica".

Não é fácil dizer o que a metafísica é.[52] Como coloca Michael Loux, se olharmos as obras de metafísica encontraremos caracterizações totalmente diferentes dessa disciplina. Às vezes, essas caracterizações buscam ser descritivas, com o objetivo de prestar-nos uma explicação do que os filósofos ditos "metafísicos" fazem. Às vezes, essas caracterizações são de caráter normativo; elas representam tentativas de identificar o que os filósofos deveriam fazer quando fazem metafísica (LOUX, 2006, p. 1). Mas, descritiva ou normativa, essas caracterizações dão diferentes explicações do tema e metodologia adequados à metafísica, o que leva o observador neutro a considerar que se trata provavelmente de diferentes disciplinas. Os filósofos têm feito, ou tentam fazer, algo que eles chamam de metafísica por mais de 2.000 anos, e os resultados desses esforços têm sido explicados com uma ampla variedade de temas e abordagens. Mas, segundo Loux, a dificuldade em identificar um único tema e metodologia para a metafísica não é simplesmente decorrente de sua longa história. Mesmo nas suas origens, há certa ambiguidade, justamente sobre aquilo que a metafísica pretende ser (LOUX, 2006, p. 2).

[52] Embora não saibamos exatamente o que seja a metafísica, seria um erro – infelizmente, um tanto comum entre os não-filósofos – confundi-la com misticismo ou até mesmo magia.

O termo ‘metafísica’, como nos conta a tradição, provém do título de um dos tratados – ou, mais precisamente, alguns apontamentos de aulas coligidos para formar um tratado – de Aristóteles. Ele próprio nunca chamou o tratado por esse nome, que foi conferido por pensadores posteriores.[53] Como vimos acima, Aristóteles chamou essa disciplina no tratado de filosofia primeira ou teologia e o conhecimento que ela objetiva de sabedoria (*sophia*).

Observa Loux que a posterior utilização do título *Metafísica*, no entanto, tornou razoável supor que o que chamamos metafísica é o tipo de coisa feita naquele tratado de Aristóteles. Infelizmente, ele não nos deu uma explicação precisa do que fez lá. Em certos contextos, ele nos diz que o que está buscando no tratado é o conhecimento dos *primeiros princípios e causas*, em particular Deus ou o Motor Imóvel.[54] Assim, aquilo que posteriormente veio a ser chamado de “metafísica” é uma disciplina dirigida inicialmente a Deus (*ibid*.).[55] Nesse sentido, Aristóteles a identificou como *teologia*. Isso sugere que a metafísica é uma disciplina peculiar, com tema distinto daqueles considerados por outras disciplinas da filosofia então vigentes, como ética, política, estética etc.

Embora, para alguns, as caracterizações de Aristóteles da filosofia primeira ou teologia não sejam precisas, ele conta-nos alguma coisa sobre essa disciplina. De início, ele nos diz que é uma disciplina teórica. Ao contrário das várias artes, que estão preocupadas com a produção, e as várias ciências práticas (ética, economia e política), cujo fim é o sentido da ação humana, a metafísica tem como objetivo a apreensão da verdade por si mesma (*ibid*.).[56] A este respeito, concorda com as ciências matemáticas e as diversas ciências físicas. A primeira toma as quantidades como seu tema (quantidades discretas no caso da aritmética e quantidades contínuas no caso da geometria), e as últimas preocupam-se com a natureza e a estrutura das substâncias físicas, sensíveis ou materiais (ambas, viva e não-viva) que compõem o mundo

[53] Em especial, Andrônico de Rodes, que ao organizar os escritos de Aristóteles teria classificado esse tratado como *tà meta tà physica*, literalmente, aquilo depois da Física, título de outra obra de Aristóteles. Isso mostra que o termo ‘metafísica’ deve-se mais a um acidente histórico do que a uma conceituação profunda feita por um (alguns) filósofo(s). Dizer que fazer metafísica significa “transcender o físico” não é algo completamente correto.

[54] Aristóteles, no Livro XII da *Metafísica*, considera o “Motor Imóvel” uma substância eterna, imóvel e separada dos seres, diferente, portanto, das substâncias sensíveis.

[55] Ou talvez fosse mais adequado dizer “divindade”; obviamente não se trata do Deus judaico-cristão, associação feita apenas posteriormente por Tomás de Aquino.

[56] Cf. o Livro I e IV da *Metafísica*.

natural. A metafísica, pelo contrário, tem a substância imaterial como seu tema, o que dá a metafísica um intrigante estatuto (LOUX, 2006).[57]

Mas, como observa Loux, Aristóteles não se contentou em descrever a metafísica como a investigação dos primeiros princípios e causas, ele também a descreveu como a disciplina que estuda *o ser enquanto ser* (*to on e on*). Nesse sentido, a metafísica não é uma ciência como as demais, que se preocupa com temas específicos, mas é a "ciência universal", justamente aquela que se preocupa em estudar o ser em seus aspectos mais gerais, o ser enquanto ser. Para isso, é necessário ocupar-se de outros conceitos gerais, como unidade, identidade, diferença, similaridade e dissimilaridade que se aplicam a cada coisa que existe. Assim, outra característica da metafísica é que ela investiga tudo aquilo que existe, mas de uma maneira peculiar, diferente das outras ciências particulares (*ibid.*).

Como destacam Earl Conee e Theodore Sider, podemos interpretar o primeiro "ser" da expressão acima como significando *existência*. O "enquanto ser" caracterizaria a metafísica como a ciência que trata da existência em geral. Não se trata da existência dos peixes ou da existência de coisas no século XXI. Trata-se da natureza geral da existência. A metafísica não se preocupa com cada uma das coisas que existem, nem da sua existência sob certas condições limitadas.[58] Ela é apenas acerca da existência (CONEE; SIDER, 2007, p. 198).[59]

Em especial, é central no entendimento metafísico da existência a delineação do que Aristóteles chamou *categorias*, que são tipos superiores de predicados ou gêneros do ser sob os quais os objetos "caem". Um dos temas de trabalho do metafísico é estabelecer esses tipos gerais e especificar as características próprias a cada categoria, além de mostrar as relações entre elas. Ao fazer isso, o metafísico pretende fornecer-nos um mapa da estrutura de tudo o que existe (LOUX, 2006, p. 3). A parte da metafísica que se dedica a estabelecer aquilo que existe, ficou posteriormente conhecida como *ontologia* (ver abaixo). Assim, de um lado, Aristóteles apresenta-nos a filosofia

---

[57] Segundo Aristóteles, o sentido pleno de substância (sensível) é o de composto de matéria e forma. Podemos dizer (*logos*) a substância como matéria, mas este sentido não é pleno, pois, para ele, matéria é indeterminação; podemos também dizer (*logos*) que substância é forma, mas este sentido não é completo, já que, para Aristóteles, contrariamente a Platão, só posso separar forma da matéria no discurso (*logos*). Portanto, substância só pode ser plenamente concebida como composto de matéria e forma.

[58] É neste sentido que Aristóteles, no Livro I da *Metafísica*, dirá que o sábio conhece *tudo*; ele não conhece cada coisa em particular, mas o que há de universal nelas.

[59] Investigar a existência, porém, é apenas uma das facetas da metafísica, em especial daquela sua parte denominada ontologia. Ver abaixo.

primeira como uma disciplina dedicada a identificar os primeiros princípios e causas, em especial Deus, e a denomina teologia. De outro lado, afirma também que é ela uma disciplina que se dedica ao estudo daquilo que existe enquanto ser, uma ontologia. Em suas palavras,

> Há uma ciência que investiga o *ser* enquanto *ser* [*to on e on*] e as propriedades que lhe são inerentes devido à sua própria natureza. Essa ciência não é nenhuma das chamadas ciências particulares, pois nenhuma delas se ocupa do *ser* geralmente como *ser*. Elas secionam uma porção do ser e investigam os atributos desta porção, como fazem, por exemplo, as ciências matemáticas. Mas visto que buscamos os *primeiros princípios* e as *causas supremas*, está claro que devem pertencer a algo em função de sua própria natureza. Por conseguinte, se esses princípios foram investigados por aqueles que também investigaram os elementos das coisas que existem, os elementos têm que ser elementos do *ser* não acidentalmente, mas em relação ao *ser* enquanto *ser*. Portanto, é do *ser* enquanto *ser* que nós também temos que apreender as primeiras causas [*protas aitias*]. (ARISTÓTELES, *Metafísica*, 1003a 25-30).

Desse modo, segundo Loux, Aristóteles e os medievais, por exemplo, nos dão duas diferentes – mas não excludentes – explicações da disciplina. Às vezes, ela é caracterizada como a tentativa de identificar os primeiros princípios e causas, em especial, Deus ou o Motor Imóvel; às vezes, como a própria ciência geral do ser enquanto ser. O importante, no entanto, é que eles acreditaram que estas duas caracterizações identificam uma e a mesma disciplina.[60] Em outra passagem da *Metafísica*, Aristóteles diz:

> Se há algo de eterno, imóvel e separado, o conhecimento disso deve pertencer a uma ciência teorética, porém certamente não à física (que se

---

[60] Por outro lado, os racionalistas do século XVII e XVIII aumentaram as possibilidades de estudo da metafísica. Eles tomaram em consideração não apenas a existência e a natureza de Deus, mas também a distinção entre mente e corpo, a imortalidade da alma e a liberdade (LOUX, 2006, p. 1).

> ocupa das coisas em movimento), nem à matemática, mas sim a uma ciência que está antes de ambas. [...] Somente a ciência primeira tem por objeto as coisas separadas e imóveis. Embora todas as primeiras causas sejam eternas, essas coisas são eternas de um modo especial porque são as causas daquilo que, do divino, temos acesso. Consequentemente, há três ciências teoréticas: matemática, física e teologia; já que o divino está em todos os lugares, está especialmente na natureza mais elevada, e a ciência mais elevada deve ter por objeto o ser mais elevado. [...] Se não existissem outras substâncias além das físicas, a física seria a ciência primeira; mas se há uma substância imóvel, esta será a substância primeira e sua filosofia, a ciência primeira e, enquanto primeira, também a mais universal porque será a teoria do ser enquanto ser e daquilo que o ser enquanto ser é ou implica. (ARISTÓTELES, *Metafísica*, 1026a 10).

A última frase da citação acima mostra a relação que Aristóteles faz entre teologia e ontologia. Essa relação, todavia, não foi unânime entre os filósofos subsequentes, muitos dos quais, inclusive, rejeitaram totalmente o vínculo entre ontologia e teologia.[61] A ontologia, portanto, é às vezes encarada como uma parte da metafísica (que além dela, englobaria a psicologia racional, a cosmologia racional e a teologia racional), mas essa divisão não é clara, já que alguns pensadores a encaram como sendo praticamente sinônimo de metafísica. Por fim, muitos filósofos encaram a ontologia como sendo mais geral que a metafísica, já que a primeira trata daquilo que existe apenas do seu ponto de vista formal. Essa ambiguidade entre a ontologia e a metafísica, e o que caberia a cada uma delas estudar, levou filósofos como Quine a adotar uma postura "natural" em relação à ontologia. Quine encarou a ontologia como pertencente à teoria da referência, relativizando-a sempre a uma teoria; ou seja, para ele, só podemos falar significativamente de ontologia se estivermos dentro de uma teoria específica. Não podemos falar de uma ontologia geral, que trata do ser como um todo. Isso mostra a diferença da sua concepção em relação à concepção tradicional de ontologia. Para Quine,

[61] Vários deles de inclinação empirista, como Rudolf Carnap e Willard Quine.

> Nossa aceitação de uma ontologia é, creio eu, semelhante em princípio à nossa aceitação de uma teoria científica, digamos, de um sistema de física: adotamos, ao menos na medida em que somos razoáveis, o esquema conceitual mais simples no qual os fragmentos desordenados da experiência bruta podem ser acomodados e organizados. Nossa ontologia fica determinada uma vez que tenhamos fixado o esquema conceitual global destinado a acomodar a ciência no sentido mais amplo; e as considerações que determinam uma construção razoável de qualquer parte desse esquema conceitual, por exemplo, da parte física ou da biológica não são diferentes em espécie das considerações que determinam uma construção razoável do todo. (QUINE, 1975b, p. 233).

Na citação acima Quine deixa claro que não há sentido em falar-se de uma ontologia geral, muito menos em uma ontologia que não seja dada, postulada, por uma teoria.

Deixando momentaneamente Quine de lado[62] e voltando às características da metafísica, é importante mencionar a concepção kantiana dessa disciplina. De acordo com Loux, os empiristas e Kant foram críticos de ambas as concepções da metafísica, aristotélica e racionalista, alegando que elas pretendiam transcender os limites do conhecimento humano. Não obstante isso, Kant acreditava que havia uma espécie de conhecimento metafísico legítimo, diferente do tradicional. Seu objetivo seria delinear as estruturas mais gerais do nosso pensamento sobre o mundo. Essa concepção kantiana da metafísica ainda é popular entre os filósofos contemporâneos, que insistem que a metafísica tem como objetivo a caracterização do nosso esquema ou quadro conceitual. Esses filósofos tipicamente concordam com Kant que a estrutura do mundo em si mesmo – independente da mente – nos é inacessível e que os metafísicos devem estar satisfeitos em descrever a estrutura do nosso pensamento sobre o mundo. Segundo Loux, o problema é que, se existem dificuldades em caracterizar o

---

[62] Voltarei a falar da concepção ontológica de Quine no próximo capítulo. Para uma visão mais detalhada do surgimento do conceito de ontologia, sua relação com a metafísica e sua evolução, ver esse tópico em *Dicionario de Filosofia*, de Jose Ferrater Mora.

mundo tal como ele é, também deve haver problemas semelhantes com a caracterização do nosso pensamento sobre o mundo (LOUX, 2006).

Jonathan Lowe, a esse respeito, afirmou que, no sentido usual de "independente da mente", o nosso próprio pensamento não seria senão parte da "realidade independente da mente". Ele sustenta que "realidade independente da mente" é a soma das coisas cuja existência não depende do nosso pensamento sobre elas, e já que os nossos pensamentos têm uma existência que não depende do nosso pensamento acerca deles, eles fazem assim parte da realidade independente da mente. Embora os nossos pensamentos não existam se não os *pensarmos*, isso não significa que precisamos pensar *neles* para que existam (LOWE, 2002, p. 7-8).[63]

Houve muitos críticos à metafísica tradicional além dos empiristas e Kant, passando por Friedrich Nietzsche no século XIX e Martin Heidegger no século XX. A crítica desses filósofos, porém, não possui o estilo da crítica feita pelos positivistas lógicos entre as décadas de 1920 a 1940. Os positivistas lógicos encararam a metafísica como uma consequência de ilusões provocadas pelo mau uso da linguagem. As proposições metafísicas não seriam nem verdadeiras nem falsas, mas destituídas de significado. A consequência disso é que a metafísica não é possível, já que não há uma "linguagem metafísica" significativa. O que se chama de metafísica não passa de um abuso de linguagem.[64] Acontece que, posteriormente, o próprio positivismo lógico também enfrentou suas dificuldades conceituais, o que diminui a gravidade de suas acusações à metafísica tradicional. O curioso é que a filosofia analítica, que em seu início foi em parte motivada e desenvolvida dentro do espírito do positivismo lógico, foi uma das principais responsáveis pela retomada das discussões metafísicas na segunda metade do século XX.

Essa "ontologia ou metafísica analítica", no entanto, será acusada por alguns como apenas oferecendo um "disfarce" pseudocientífico às velhas discussões da metafísica tradicional. Em especial, James Ladyman e Don Ross sustentarão que a única metafísica possível na contemporaneidade que pode oferecer suporte ao realismo estrutural é aquela de cunho naturalista, baseada na ciência atual. Na próxima seção, indicarei como isso pode ser entendido.

---

[63] Para mais argumentos contra a visão kantiana da metafísica, ver LOWE, *op. cit*.
[64] Ver, por exemplo, CARNAP, 2009.

3.2 REALISMO ESTRUTURAL E METAFÍSICA NATURALIZADA

Como havia dito, minha intenção com esse capítulo é a de mostrar: 1) como o realismo estrutural justifica a importância de sua versão metafísica; e 2) o que significa dizer que estruturas *existem*. Para isso, apresentei acima algumas características bastantes gerais da metafísica. É claro que esta breve caracterização não mencionou muitos aspectos importantes da metafísica, mas espero que tenha sido suficiente para esclarecer alguns pontos desta seção. Dos assuntos típicos abordados pela metafísica – como a existência e natureza do tempo, questões acerca do livre-arbítrio, de Deus, de mundos possíveis, a existência ou não de universais como propriedades, relações etc., a realidade de objetos abstratos, de objetos inobserváveis etc. –, alguns abordarei no próximo capítulo, em especial aqueles relativos ao debate realismo/antirrealismo em filosofia da matemática e das ciências naturais, fundamentais nas discussões sobre o realismo estrutural ontológico. Antes disso, porém, falta-me esclarecer os pontos 1 e 2 acima.

Segundo Loux e Zimmerman, a filosofia analítica foi durante muito tempo encarada como anti-metafísica. As ideias de George Moore e Russell – que criticavam sistemas metafísicos idealistas, como os de Bosanquet e Bradley – e os movimentos subsequentes da tradição analítica – o positivismo lógico e a filosofia da linguagem comum – muitas vezes indicavam supostos pontos fracos de partes da metafísica tradicional – ou mesmo de toda ela. Sabemos, no entanto, que um dos principais movimentos dessa tradição, o atomismo lógico de Russell e do primeiro Wittgenstein, tinha uma orientação de cunho metafísico. Mesmo que seus textos contivessem um grau menor de especulação e um vocabulário menos obscuro, esses filósofos tentavam fornecer um tratamento abrangente da estrutura ontológica da realidade, à semelhança da metafísica tradicional (LOUX; ZIMMERMAN, 2003, p. 1).

Como dizem Loux e Zimmerman, sabemos hoje que apesar de os positivistas lógicos, assim como os defensores da filosofia da linguagem comum, sustentarem que as afirmações do metafísico tradicional são problemáticas – sem sentido ou apenas confusas –, esses dois movimentos continuaram lidando com os problemas da metafísica tradicional, mesmo que procurassem esconder, é claro, o máximo possível esse fato apresentando o seu trabalho como sintaxe lógica ou análise conceitual. Muitas vezes suas posturas antirrealistas radicais apoiavam-se, por sua vez, em teorias que estavam longe de serem científicas, aproximando-se, mesmo, das características metafísicas que tanto questionavam (*ibid*.).[65]

Willard van Orman Quine, ele mesmo crítico do positivismo lógico, será um dos responsáveis pela retomada[66] da metafísica no século XX, principalmente via ontologia, que receberá, no entanto, uma concepção distinta da dada por Aristóteles – e muitos de seus seguidores –, que a encarava, como já vimos, como ciência do ser enquanto ser.[67] Quine, por sua vez, conceberá a ontologia como sendo relativa a uma teoria, sendo que essa só se compromete formalmente com aquelas entidades que em sua linguagem lógica são representadas por variáveis quantificadas existencialmente.

Deixando por ora Quine de lado[68], como vimos na seção anterior, traçar as diferenças entre metafísica e ontologia não é algo simples. Alguns encaram ambas como sinônimas, outros, porém, tendem a considerar a ontologia como uma parte da metafísica, justamente aquela que trata do que existe em geral e do modo como o que existe pode ser classificado de acordo com certas categorias. Alasdair MacIntyre e Keith Campbell, por exemplo, colocam assim a questão:

> O termo *ontologia* foi introduzido pelos autores escolásticos no séc. XVII. Rudolf Goclenius, que mencionou a palavra em 1636, poderá ter sido o primeiro a fazê-lo, mas o termo era de tal modo natural em latim e começou a surgir tão regularmente que as disputas sobre quem detém a prioridade da sua introdução são vãs. Alguns autores, como Abraham Calovius, usavam o termo sem o distinguir de *metafísica;* outros, usavam-no como nome de uma subdivisão da metafísica. Johannes Clauberg (1622-1665), um cartesiano, introduziu em seu lugar o termo *ontosofia*. No tempo de Jean-Baptiste Duhamel (1624-1706), a ontologia distinguia-se claramente da teologia natural. As outras

---

[65] Como dizem Ladyman e Ross, "[e]mbora muitos filósofos do século XX tenham visto a metafísica como uma relíquia de tempos remotos, ela nunca cessou de ser feita, mesmo por aqueles que tentaram evitá-la" (LADYMAN; ROSS, 2009, p. 8).

[66] Outros filósofos importantes na retomada da metafísica foram Saul Kripke, Hilary Putnam e David Lewis.

[67] É digno observar que Quine sempre preferiu usar a palavra 'ontologia', já que para ele não havia uma "metafísica generalizada".

[68] Voltarei a falar do compromisso ontológico de Quine na seção 4.2.1.

> subdivisões da metafísica são a cosmologia e a psicologia, das quais a ontologia também se distingue. Assim, o termo *ontologia*, enquanto termo técnico, já existia quando foi finalmente canonizado por Christian Wolff (1679-1754) e Alexander Gottlieb Baumgarten (1714-1762). (MACINTYRE; CAMPBELL, 2006, p. 32).

Das várias coisas que uma ontologia diz que podem existir, e que a metafísica procura caracterizar, os objetos físicos talvez sejam os mais "imediatos", pelo menos aos olhos do senso comum. Ou seja, cadeiras, mesas, relógios etc. constituiriam uma ontologia de objetos físicos. Ora, mas sabemos que um dos papéis da física é justamente estabelecer e caracterizar o que existe (fisicamente, no espaço-tempo).[69] Mas se a física já trata dessas questões, então por que uma metafísica de objetos físicos? Esse poderia ser um argumento contra uma parte importante da metafísica contemporânea, justamente aquela que estuda o ser físico. Como colocam Conee e Sider, em defesa da perspectiva da metafísica, alguém poderia afirmar que não se exclui um tópico da metafísica só porque o tópico é também estudado noutra área. Nesse caso, a física também faz uma investigação do tópico metafísico da constituição elementar da realidade. Essa questão, sustentam os autores, faz parte da física quando é tratada cientificamente. Mas não por isso deixa de ser também um tema metafísico. É comum os físicos desejarem distanciar o seu trabalho da metafísica, afirmando que fazem ciência empírica *e não* metafísica. Eles podem estar corretos, mas isso só quer dizer que investigam cientificamente um *objeto de estudo* que partilham com os metafísicos, o que por si só não quer dizer que a metafísica seja desnecessária (CONEE; SIDER, 2007, p. 202).[70]

Outra interpretação possível entre as relações entre a física e a metafísica é aquela dada por Ladyman e Ross, que dizem que a metafísica não deveria entrar como uma "concorrente" da física, muitas vezes querendo ditar a essa as características dos objetos que lhes são próprios. Esses autores defenderão justamente o oposto disso, dizendo que a metafísica deveria "ler" a física, tornando-se mais descritiva e menos especulativa. Ladyman e Ross não o dizem, mas podemos concluir de sua posição que ela inverte o papel da metafísica tradicional, que em Aristóteles aparecia como "filosofia primeira", em oposição à

---

[69] Essa afirmação é mais delicada do que possa parecer à primeira vista, já que pressupõe um tipo de realismo. Falarei do realismo científico no próximo capítulo.
[70] Ver também LOWE, 2002, p. 2-3.

física, considerada "filosofia segunda". Dessa maneira, assumem eles explicitamente uma forma de cientificismo e sustentam que só uma metafísica naturalista é possível. Por metafísica naturalista, entendem eles uma metafísica que é exclusivamente motivada pela tentativa de unificar hipóteses e teorias que são tomadas seriamente pela ciência contemporânea, e qualquer metafísica que queira fazer parte da tentativa coletiva de modelar a estrutura da realidade objetiva do mundo deve ser necessariamente derivada dessa ciência (LADYMAN; ROSS, 2009, p. 1). Em suas palavras,

> Nossa reivindicação central é que durante as décadas que se seguiram à queda do empirismo lógico, muito do que foi visto como 'literatura metafísica' não levou em conta a ciência. Isso se torna mais complicado, entretanto, quando observamos que muito da atividade que é classificada como filosofia da ciência é também metafísica, e muitos desses trabalhos são cientificamente bem informados. Este livro é um exercício metafísico feito como filosofia da ciência naturalista porque nós pensamos que nenhuma outra espécie de metafísica conta como investigação da natureza objetiva do mundo (*op. cit.*, p. 7).

Já que sabemos, segundo os autores, que nossa ciência é incompleta, a metafísica que derivamos dela não poderia ser considerada verdadeira. O máximo que poderemos ter, portanto, é que, dada a melhor ciência em um tempo *t*, a metafísica que derivamos dela é a melhor metafísica em *t* (*op. cit.*, 2).

A crítica de Ladyman e Ross à metafísica tradicional em defesa de uma metafísica naturalista vai além desse "relativismo", que já "choca" a muitos. Dizem eles que a metafísica naturalista que defendem não aceita o conceito de "causa" – justamente por esse não ser científico – nem a estratificação do mundo em níveis de realidade sobre a qual ele é baseado. Para eles, a metafísica naturalista também não concebe o mundo como sendo "feito" de algo. Isso significa, segundo os autores, que a física não modela o mundo em termos de tipos objetos (*op. cit.*, p. 4-5).[71]

[71] Eles dirão que a física modela o mundo através de *estruturas*. No capítulo 6 voltarei a essa questão.

Essa metafísica pós-positivismo lógico, endossada por Kripke, Lewis, Putnam entre outros, ficou conhecida como "metafísica analítica". Segundo Ladyman e Ross, essa metafísica analítica, assim como a tradicional, de cunho aristotélico, continua lidando com questões como substância, universais, identidade, tempo etc. que fazem pouca ou nenhuma referência à ciência contemporânea; às vezes, até parecem sugerir que a ciência é irrelevante na resolução de suas questões. Ela geralmente segue os cânones do senso comum ou da ciência clássica, ignorando que a visão da ciência atual em muito difere dessas. Um exemplo típico de filósofo analítico, segundo os autores, é Lowe, que representa bem o que Ladyman e Ross querem criticar ao dizer que "a metafísica é mais profunda que qualquer ciência meramente empírica, mesmo a física, porque ela fornece o próprio quadro dentro do qual tais ciências são concebidas, ligando uma a outra" (LOWE, 2002, p. vi).

É altamente questionável, segundo esses autores, que a imagem de mundo fornecida pela física clássica, por exemplo, é adequada para fornecer bases para a teorização metafísica (LADYMAN; ROSS, p. 10-11). A mecânica clássica, por exemplo, está fortemente enraizada na noção de indivíduo, que há muito vem sendo questionada pela mecânica quântica (cf. vimos na seção 1.3 acima). Se corretas, a física quântica e a teoria da relatividade mostram que nossa concepção comum da realidade, baseada na experiência do dia-a-dia, não é totalmente adequada, o que mostraria também que qualquer teoria metafísica baseada nessa visão é, no mínimo, inadequada. Nesse contexto, seríamos obrigados a dar razão ao filósofo Clark Glymour, que diz que "o filósofo enfrenta dragões no labirinto da metafísica armado com palavras e uma boa imaginação" (GLYMOUR, 1999, p. 458 apud LADYMAN; ROSS, *op. cit.*, p. 14).

Para Ladyman e Ross, se a metafísica analítica, de caráter essencialmente *a priori*, não toma como base nossas melhores teorias científicas sobre o mundo, o que nos garante que suas concepções nos revelam algo sobre a "profunda" estrutura da realidade em vez de dizer-nos apenas o que um filósofo, ou um grupo deles, pensa sobre essa realidade? (*op. cit.*, p. 16). A postura da metafísica analítica face à ciência pode ser sintetizada, segundo Ladyman e Ross, assim:

1) Eles ignoram a ciência, mesmo sabendo ser essa relevante;

2) Eles usam ciência desatualizada ou domesticada em vez de nossas melhores ciências contemporâneas;

3) Eles acreditam ser capazes de conduzir *a priori* uma investigação de assuntos aos quais a ciência não se dedica.

O resultado dessas três posturas culmina em uma metafísica de caráter pseudocientífico. O que os filósofos metafísicos analíticos produzem é um discurso muitas vezes retórico, que parece ter algo a ver com a ciência, mas que na verdade não tem (LADYMAN; ROSS, p. 17, 20). Diante disso, Ladyman e Ross, em vez de proporem uma eliminação da metafísica, tal qual pretenderam os positivistas lógicos, preferem sugerir uma releitura dessa em termos naturalistas. Entre as características dessa metafísica naturalista defendida pelos autores, podemos destacar as seguintes:

1) Ela objetiva oferecer uma imagem unificada do mundo baseada na ciência contemporânea (*op. cit.*, p. 27);

2) Não há um método científico exclusivo, ou seja, um conjunto de regras de raciocínio que somente os cientistas seguem ou deveriam seguir (*op. cit.*, p. 28);

3) A supremacia epistêmica da ciência deve-se à repetição do uso de filtros de erros institucionais (*op. cit.*, p. 29);

4) O avanço na metafísica só é possível na medida em que a ciência progride; se a ciência muda, entretanto, a metafísica deve também mudar (*op. cit.*, p. 35).

A partir dessas e de outras características, Ladyman e Ross propõem um princípio norteador da metafísica naturalista que eles chamam de "princípio do fecho naturalista" (*principle of naturalistic closure*):

> Qualquer nova afirmação metafísica que está sendo tomada seriamente num tempo *t* deveria ser motivada apenas pelo serviço que ela oferece, se verdadeira, mostrando como duas ou mais hipóteses científicas específicas, sendo ao menos uma das quais retirada da física fundamental, juntamente explicam mais que a soma do que é explicado pelas duas hipóteses tomadas

> separadamente, onde isto é interpretado pela referência às seguintes cláusulas terminológicas:
>
> **Cláusula:** uma ‘hipótese científica’ é compreendida como uma hipótese que é tomada seriamente por uma ciência institucionalizada idônea num tempo *t*.
>
> **Cláusula:** uma ‘hipótese científica específica’ é aquela que tem sido diretamente investigada e confirmada pela atividade científica institucional idônea anterior a *t*, aquela que pode ser investigada em *t* ou depois de *t*, na ausência de restrições de engenharia, de psicologia ou de restrições econômicas ou suas combinações, como objeto primário da tentativa de verificação, falsificação ou refinamento quantitativo, onde essa atividade é parte de um projeto de pesquisa objetivo fundamentado por um órgão de fomento à pesquisa idôneo.
>
> **Cláusula:** um ‘projeto de pesquisa objetivo’ tem o propósito inicial de estabelecer fatos objetivos da natureza que deveriam continuar, se aceitos sobre as bases do projeto, a ser aceitos pelos pesquisadores objetivando maximizar seu estoque de crenças verdadeiras, não obstante mudanças nas práticas dos pesquisadores, preferências comerciais ou ideológicas. (LADYMAN; ROSS, p. 36-38).

Como aparece na longa citação acima, Ladyman e Ross conferem um estatuto especial à ciência física ao dizer que ao menos uma hipótese científica tomada em consideração por uma afirmação metafísica séria deve provir dessa ciência. De fato, esses autores defenderão que a física possui primazia em relação às outras ciências, já que trata dos assuntos primordiais de toda a realidade[72] – isso não significará, como mostrarei oportunamente, defender uma ontologia de entidades individuais fundamentais.

Mostrei acima um brevíssimo esboço do que Ladyman e Ross entendem por metafísica naturalista. É claro que não foi ainda

[72] Esta tese fisicalista é bastante forte e ao mesmo tempo polêmica.

mencionado *qual* será a teoria metafísica naturalista adotada por eles. Trata-se, como o leitor já deveria desconfiar, do realismo estrutural. O que vimos no capítulo anterior e nas linhas precedentes desta seção é suficiente para indicarmos as respostas às nossas duas questões que aparecem no início do capítulo:

1) Como o realismo estrutural justifica a importância de sua versão metafísica?

Resposta: o realismo estrutural é uma teoria metafísica naturalista que "lê" a ciência contemporânea objetivando oferecer uma visão de mundo que unifica as diversas ciências. Mesmo sendo uma teoria metafísica, em nada se assemelha às especulações da metafísica tradicional ou ao aspecto pseudocientífico da metafísica analítica. Ela nada tem a ver também com a cosmologia geral, psicologia geral ou teologia geral tratadas pela metafísica tradicional. Trata-se de uma teoria ontológica, mais próxima do sentido quineano de ontologia que do sentido aristotélico de ciência do "ser enquanto ser". Neste sentido, podemos nos referir a ela tanto como uma teoria ontológica quanto metafísica, desde que guardadas as restrições acima.

2) Qual o sentido em falar-se em uma ontologia de estruturas, isto é, o que significa dizer que estruturas *existem*?

Resposta: dizer que estruturas existem significa que a física fundamental é um *conjunto de estruturas matemáticas específicas sem objetos individuais figurando entre elas* (LADYMAN; ROSS, p. 44), e que as demais ciências podem, de alguma forma, ser reduzidas à física fundamental, o que acarretaria que tudo o que existe são, de fato, estruturas.[73]

Nesta tese, pretendo endossar grande parte do que é defendido por Ladyman e Ross. Embora veja sua teoria como a melhor versão atual do realismo estrutural ontológico, ressaltarei no último capítulo que ela padece de um grave problema, na medida em que pretende eliminar os objetos individuais em prol da estrutura. Chamo essa dificuldade de "o problema das relações sem os *relata*", e oferecerei

[73] Lembrando, todavia, que na matemática clássica sempre há entidades individuais. Isso pode gerar um problema, pois vai contra a ideia de que *tudo* são estruturas. Esse impasse é a origem do problema das relações sem os *relata*, mencionado anteriormente e que será retomado no último capítulo.

uma possível solução a ele no final da tese. Antes disso, porém, faz-se necessário adquirirmos uma maior clareza conceitual. A partir deste capítulo, já temos uma indicação do caráter metafísico ou ontológico do realismo estrutural. Meu próximo passo será mostrar o que está por trás da afirmação de que essa teoria é *realista*.

4 A DIMENSÃO REALISTA

A literatura e a diversidade de teorias realistas e antirrealistas são tão grandes que hoje qualquer tentativa de abordar por completo o assunto resulta em fracasso. Não quero aqui, portanto, comprometer-me a fazer uma discussão pormenorizada das diversas teorias e defensores, tanto do realismo quanto do antirrealismo. Escolhi apenas aquelas que terão uma influência direta no desenvolvimento e na defesa do realismo estrutural ontológico que farei adiante, e mesmo dessas teorias limitar-me-ei a oferecer uma visão geral, sempre que possível remetendo o leitor a referências bibliográficas que tratem do assunto de maneira mais detalhada. Não me comprometo também a defender qualquer teoria apresentada abaixo.[74]

4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O REALISMO E ANTIRREALISMO

Como aponta Alexander Miller, a questão sobre a natureza e a plausibilidade do realismo é uma das mais debatidas na metafísica contemporânea, quiçá a mais debatida na filosofia contemporânea. Ela surge se referindo a um grande número de assuntos, incluindo a ética, a estética, a noção de causalidade, de modalidade, as ciências não-formais, as matemáticas, a semântica e o mundo cotidiano de objetos materiais macroscópicos e suas propriedades (MILLER, 2002).

Segundo Miller, embora seja possível aceitar (ou rejeitar) o realismo genericamente, é mais comum os filósofos serem realistas ou antirrealistas sobre diversos temas específicos. É perfeitamente possível ser realista sobre o mundo cotidiano dos objetos macroscópicos, suas propriedades e relações, mas um antirrealista de entidades microscópicas inobserváveis, suas propriedades e relações,[75] ou ser um realista político, mas antirrealista sobre valores estéticos e morais etc. É

[74] Muito do que apresentarei neste capítulo surge da chamada metafísica analítica. Mostrei no capítulo anterior que alguns pensadores, em especial Ladyman e Ross, criticam essa por ser pouco ou nada "científica", ou seja, esses autores defendem que qualquer metafísica relevante deveria tomar como base a ciência contemporânea, o que, segundo eles, a metafísica analítica não o faz. Manifestei-me também a favor, pelo menos em parte, desta tese. Desse modo, alguém poderia então questionar a relevância – ou mesmo a coerência – deste capítulo nesta tese. Defendo sua existência afirmando que, a meu ver, qualquer projeto de metafísica naturalista que não considere essas questões – mesmo que seja para criticá-las – cai no erro de ignorar o adversário em vez de enfrentá-lo, o que não encaro como uma postura filosófica salutar.

[75] A exemplo de Bas van Fraassen.

ilusório também pensar que existe uma opção simples e clara entre ser realista ou antirrealista. É mais provável, ao invés disso, que sejamos mais realistas ou menos realistas sobre um assunto particular, mesmo que às vezes não queiramos admiti-lo (MILLER, 2002). Além disso, existem muitas formas diferentes de realismo e antirrealismo, o que acaba por trazer grandes dificuldades em tomar-se uma posição e defendê-la consistentemente.

Miller afirma que há, todavia, dois aspectos gerais do realismo que podem ser ilustrados, tomando-se como exemplo o realismo sobre o mundo cotidiano de objetos macroscópicos, suas propriedades e relações. Em primeiro lugar, há uma afirmação sobre a *existência*. Mesmo que haja diferenças substanciais entre, por exemplo, o realismo metafísico e o epistemológico, há quase um consenso que mesas, pedras, a lua, meu computador etc. *existem* em algum sentido, assim como os seguintes fatos: a mesa ser quadrada, a pedra ser feita de granito, a lua ser esférica e prateada e meu computador ser portátil.

O segundo aspecto do realismo sobre o mundo cotidiano de objetos macroscópicos, suas propriedades e relações diz respeito à sua *independência* em relação a quaisquer sujeitos (*ibid*.). O fato de que a Lua existe e é esférica seria independente de qualquer coisa que acontece com qualquer um ao falar ou pensar sobre o assunto. Da mesma forma, embora exista a sensação de que o fato de a mesa ser quadrada depende de nós, já que, na verdade, ela foi projetada e construída por seres humanos, este não é o tipo de dependência que o realismo pretende negar. O realista afirma que além do tipo mundano de dependência empírica da fabricação de objetos artificiais e suas propriedades, não há nenhum sentido a mais em que objetos do cotidiano possam ser considerados dependentes de crenças, práticas linguísticas, esquemas conceituais ou qualquer outra característica subjetiva (*ibid*.).

Segundo Miller, o antirrealismo, por sua vez, também pode assumir muitas formas, dependendo se é a existência ou a independência pregada pelo realista que está sendo questionada ou rejeitada. As diversas versões do realismo não podem variar drasticamente de assunto para assunto, mas o antirrealismo possui versões drasticamente distintas: a teoria dos erros, o não-cognitivismo, o instrumentalismo, o nominalismo, certos tipos de reducionismo e o eliminativismo geralmente rejeitam o realismo ao questionar a dimensão da existência, enquanto o idealismo e o subjetivismo, por exemplo, muitas vezes admitem a dimensão da existência, mas rejeitam a dimensão da independência. Por fim, aqueles que subscrevem o quietismo negam que possa haver algo como um debate metafísico substancial entre realistas e seus oponentes antirrealistas (MILLER, 2002).

A visão que os filósofos têm da metafísica – por exemplo, se a aceitam ou rejeitam – e da teoria do conhecimento – que em grande medida dependerá da postura adotada acerca da metafísica – exercerão um papel fundamental na disputa realismo/antirrealismo. De uma maneira genérica, os antirrealistas que rejeitam a dimensão existencial acabam por negar o realismo metafísico, e os que rejeitam a dimensão da independência quase sempre negam o realismo epistemológico.

Acima foram mencionados conceitos importantes, como os de "objeto", "propriedade", "relação", "fato" e "existência", para citar alguns. É claro que tanto teorias realistas quanto antirrealistas estão comprometidas com esses termos ao utilizá-los, isto é, tanto uma quanto outra devem ser capazes de deixar claro o que estão *significando* por esses termos. O próprio conceito de "significado", por sua vez, será fundamental. Se começarmos a especificar esses conceitos, rapidamente chegamos à seguinte classificação geral, que aqui tem um propósito meramente ilustrativo. 1) *Objetos*: estamos falando de objetos sensíveis, concretos, ou seja, situados no espaço-tempo – essa própria caracterização já traz dificuldades, por sua vez –, tratados pela física, química, biologia, antropologia etc., ou de objetos inteligíveis, abstratos, fora do espaço-tempo, como os objetos da lógica, matemática ou até mesmo ideias ou formas (no sentido platônico) em geral? 2) *Propriedades e relações*: o que são propriedades e relações? Coisas abstratas, como números e conjuntos? Aliás, será que são "coisas"? São universais, particulares gerais? 3) *Existência*: o que significa existir? Qual a diferença entre existir, subsistir e ter "ser"?

Com essas poucas questões já percebemos a complexidade e variedade da disputa, e enfatizo que não tenho a mínima pretensão de esgotar a discussão sobre eles, apenas investigá-los na medida em que me auxiliem na defesa que farei posteriormente do realismo estrutural ontológico. No que segue, começarei investigando a questão da existência.

4.2 EXISTIR, SUBSISTIR E TER "SER"

A função principal da ontologia, como vimos no capítulo anterior, é a de estabelecer aquilo que existe. Antes de estabelecer-se o que existe, porém, faz-se necessário apresentar o que se pretende dizer pelo próprio conceito de "existência". Nesta seção, pretendo apresentar algumas discussões gerais (e parciais) sobre o tema sem, entretanto, entrar em detalhes em nenhuma delas.

Quando somos questionados sobre o que existe, temos o desejo de seguir Quine e responder simplesmente: tudo.[76] Existe simplesmente aquilo que existe. Resposta semelhante, infelizmente, não pode ser dada ao próprio conceito de existência, ou seja, não podemos – ou, pelo menos, não é tão interessante – dizer algo do tipo "existir significa ter existência".

Como observa Quine, estamos propensos a falar e a pensar sobre objetos. Para ele, falamos tanto de objetos, que parece quase impossível valermo-nos da fala sem utilizá-los (QUINE, 1975a). Objetos quase sempre são pensados como objetos físicos, mas há, supostamente, outros objetos além dos físicos. As entidades matemáticas, lógicas, propriedades, relações, classes etc. são vistas por muitos como constituindo objetos. Aparentemente, se essas entidades são de fato objetos, o são de uma maneira diferente da dos objetos físicos, como cadeiras e mesas, que estão localizados no espaço-tempo e, portanto, são classificados como "concretos". Em oposição a esses, as entidades matemáticas, lógicas etc. são vistas pela maioria – mas não por todos, como mostrarei na próxima seção – como não localizadas no espaço-tempo, o que lhes conferiria a característica de serem abstratas. Em geral, pessoas do senso comum, cientistas e muitos filósofos não se acanham em dizer que objetos físicos – pelo menos os de tamanho médio, com os quais temos algum tipo de contato direto – *existem*. Mas o que dizer dos objetos abstratos, existem eles da mesma forma que existem os objetos físicos do dia-a-dia? Muitos filósofos, seguindo a linha de Platão, preferirão reservar o conceito "existir" para referir-se a objetos físicos, sensíveis. Desse modo, os objetos abstratos não existem, mas tem "ser". Resumindo, "existir", segundo essa linha de pensamento, refere-se exclusivamente a objetos físicos, enquanto ter "ser" se refere a objetos abstratos.[77] Por outro lado, se considerarmos a existência como sendo formalmente – logicamente – representada por um quantificador, como mostrarei abaixo, diferenciar "existir" de ter "ser" parece irrelevante.

O núcleo da questão parece estar em estabelecer-se um *critério de existência*, ou um *compromisso ontológico*. Além disso, outra questão se

[76] Cf. QUINE, 1975b.

[77] Se estivermos nos referindo especificamente à filosofia de Platão, talvez seja melhor dizermos "coisas inteligíveis".

coloca: como *sabemos* que de fato existe o que existe? Essa é uma questão epistemológica. Ontologia e epistemologia são vistas em geral como áreas distintas da filosofia, mas que estão estritamente relacionadas. Assim, é muito provável que um critério de existência tenha algo a dizer também sobre como chegamos a conhecer o que existe. Essa visão "tradicional" descrita acima foi duramente criticada pelos positivistas lógicos. Segundo eles, não é a metafísica que deve estabelecer o que existe, mas sim a ciência. Nesse sentido, é famosa a crítica feita pelos positivistas lógicos sobre o escopo ontológico da metafísica. Rudolf Carnap, no artigo *A superação da metafísica pela análise lógica da linguagem*, tenta mostrar que grande parte da metafísica nasce a partir de incompreensões, ambiguidades e erros de linguagem. Nessa crítica de Carnap à metafísica tradicional, o próprio conceito de existência como predicado é contestado através de uma análise lógico-gramatical (CARNAP, 2009). Quine, como também mostrarei mais abaixo, embora divirja de Carnap em vários aspectos, tentará restringir as questões sobre existência a teorias, em especial àquelas consideradas científicas.

Seguindo esse espírito da filosofia analítica, podemos analisar o conceito de "existência" do ponto de vista lógico-linguístico da seguinte forma. Em uma proposição do tipo "Marilyn Monroe existe", por exemplo, uma primeira análise gramatical parece sugerir que "existe" tem função predicativa e que a proposição, portanto, é do tipo sujeito-predicado: o sujeito 'Marilyn Monroe' tem o predicado da existência. Em uma linguagem do cálculo de predicados poderíamos representar isso por Fm – m tem a propriedade F. Neste caso, do ponto de vista lógico-linguístico, a existência seria encarada como um predicado semelhante a "ser loura", "ser charmosa" etc. Para muitos, esta análise, no entanto, não está correta. Desde Immanuel Kant, passando por Gottlob Frege, Russell, Carnap e pelos positivistas lógicos em geral, sustenta-se que a existência, do ponto de vista lógico-linguístico, não deve ser considerada um predicado.

De acordo com essa interpretação, a forma gramatical sujeito-predicado sugerida acima é enganosa, "existe" não é um predicado, mas um quantificador. Assim, a forma lógica da proposição acima não seria Fm, mas uma bem diferente $\exists x(x = m)$ – existe um indivíduo que é justamente Marilyn Monroe (m). Mas qual das duas interpretações – que são antagônicas – está correta?

Como observa Brian Garrett, os partidários da "existência" de objetos não-existentes, como Alexius Meinong e Colin McGinn, defendem que a existência é uma propriedade genuína, que alguns objetos possuem e outros não. Segundo Garrett, o filósofo Alfred Ayer sustentou que se a interpretação que considera a existência uma propriedade fosse verdadeira, todas as proposições existenciais afirmativas seriam tautológicas e todas as negativas contraditórias. Garrett não aceita a primeira parte da conclusão de Ayer, pois, para ele, só seria verdadeiro que toda proposição existencial afirmativa é tautológica se todo nome significativo possuísse um referente e, além disso, não houvesse quaisquer objetos não-existentes (GARRETT, 2008, p. 45). Para Garrett, não há nenhuma necessidade que a interpretação linguística da existência como predicado siga essas limitações.

Por outro lado, ele aceita como adequada a segunda parte da conclusão de Ayer – que afirma que se a existência fosse uma propriedade, toda proposição existencial negativa resultaria numa contradição –, mas nota que ela também pode ser superada pelo teórico da não-existência. Consideremos, por exemplo, "Papai Noel não existe". Essa proposição, de acordo com a primeira interpretação, pode ser expressa logicamente como $\neg Fa$ – a não tem a propriedade F. Mas essa fórmula está sujeita à regra lógica da generalização existencial, que confere que de $\neg Fa$ segue-se $\exists x(\neg Fx)$ – existe uma variável x tal que o valor dessa variável não tem a propriedade F. A contradição surgiria imediatamente quando consideramos 'F' como sendo a propriedade da existência. Garrett observa, porém, que um teórico da não-existência *à la* Meinong não vê contradição alguma nisso, ao contrário, considera "existe alguma coisa que não existe" como verdadeira (*ibid.*).

Não vou discutir aqui a plausibilidade ou não da teoria dos objetos não-existentes – que é rejeitada pela grande maioria dos filósofos –, mas vale observar que os problemas com os existenciais negativos atingem também os partidários da existência como quantificador.[78] De fato, como coloca Garrett, para eles a proposição "Papai Noel não existe" é traduzida para a linguagem lógica como $\neg\exists x(x = n)$ – não existe um indivíduo que seja Papai Noel (n). Mas também a regra da generalização existencial se aplica aqui, conferindo que $\exists y\neg\exists x(x = y)$, o que é uma contradição (GARRETT, 2008, p. 46).

Segundo Garrett, se colocarmos as duas interpretações na balança, porém, temos que levar em conta que a interpretação lógico-linguística da existência como sendo representada por um quantificador

[78] O leitor interessado pode consultar, por exemplo, a crítica clássica feita por Russell em sua teoria das descrições. Ver RUSSELL, 1978.

possui mais vantagens. Primeiro, o partidário da existência representada lógico-linguisticamente por uma propriedade está disposto a aceitar, por exemplo, $\exists x(x = m)$ acima como uma maneira de expressar Fm. Estas duas fórmulas só não apresentam a mesma estrutura lógica, mas teriam o mesmo valor de verdade. Assim, por motivos de clareza e simplicidade, a interpretação da existência como quantificador seria preferível. Em segundo lugar, essa última interpretação lidaria melhor com proposições existenciais gerais, como "tigres existem". Na lógica clássica, o quantificador "algum" ou "existe" significa "ao menos um", ele não especifica a quantidade. Mas quando encaramos a existência como uma propriedade, qual o significado de "tigres existem"? Cada tigre individual possui a propriedade da existência, a sua totalidade possui ou as duas coisas? No caso de ser uma propriedade da totalidade, na medida em que o número de tigres diminui, isso implicaria um significado diferente para a proposição "tigres existem"? Segundo Garrett, essas duas vantagens já são suficientes para preferirmos a interpretação quantificacional em detrimento da predicativa (*ibid*.).

4.2.1 A existência segundo a análise de Quine

Em seu famoso artigo *Sobre o que há*, Quine, inicialmente inspirado pelo problema do não-ser – que remonta a Parmênides, mas que Quine atribui a Platão, apelidando-o de "a barba de Platão" –, propõe-se a clarificar o sentido do conceito de existência. Resumidamente, o problema do não-ser surge a partir da seguinte consideração: todo sujeito gramatical de uma sentença significativa do tipo sujeito-predicado refere. Em outras palavras, se digo "Sócrates é sábio", o nome próprio 'Sócrates' nomeia o indivíduo Sócrates, que deve, portanto, existir. Agora, consideremos a sentença "Pégaso é veloz"; também neste caso teríamos que admitir, segundo essa visão, que 'Pégaso' nomeia um indivíduo. Aqui, entretanto, já começa a surgir o problema, pois sabemos (?) que o indivíduo Pégaso não existe. Mas o problema se agrava ainda mais quando consideramos a sentença negativa "Pégaso não existe". Se a existência é considerada um predicado – e já vimos acima que isso é problemático –, então teríamos que concluir que o indivíduo Pégaso existe – já que ele é o sujeito gramatical de uma sentença significativa, e esse sempre refere – e não existe, uma contradição.[79] Supondo que o princípio de não-contradição é

[79] Segundo João Branquinho, essa contradição, na sua forma lógica, pode ser eliminada. Para uma análise crítica desse artigo de Quine, ver BRANQUINHO, 2007.

inquestionável – pelo menos na lógica clássica –, somos obrigados a admitir que Pégaso, de fato, existe. Em outros termos, o problema surge porque estamos pretendendo nomear justamente a entidade cujo ser está em questão (QUINE, 1975b).

Alguém que queira escapar da contradição acima, pode defender que Pégaso de fato não existe – ou seja, não está no espaço-tempo –, mas *subsiste* enquanto um possível não realizado, ou seja, é ele um mero *possibilium*. Neste caso, para quem defende esse argumento – no referido artigo, Quine o apelida de Sr. Y –, "existir" significa estar localizado no espaço-tempo, sendo assim atual, real. Mas, por outro lado, há toda uma gama de coisas que não estão localizadas no espaço-tempo, não são reais, mas mesmo assim têm "ser" ou "subsistem".[80] Desse modo, o Sr. Y adota a diferença entre "existir" e ter "ser" ou "subsistir": cadeiras, árvores, pessoas e os objetos físicos em geral *existem*; ficções, entidades matemáticas e formas platônicas em geral têm *ser* ou *subsistem*, mas não existem. Outra opção seria considerar Pégaso uma entidade mental, e dizer que quando negamos sua existência, negamos essa entidade mental. Nesta opção, Pégaso é encarado como uma ideia, representação, concepção, imagem etc. mental, e ao negarmos que ele existe, negamos que ele possa estar presente na mente de qualquer pessoa (QUINE, *op. cit.*).

Quine rejeita ambas as alternativas. Seu primeiro passo é notar que "Pégaso não é" é, no mínimo, ambígua. Quanto à primeira alternativa, diz ele que, em primeiro lugar, não deveríamos superpovoar o universo com entidades meramente possíveis, afinal, se aceitássemos essa teoria teríamos de admitir uma quantidade enorme, talvez infinita, de objetos possíveis. Essa consideração de Quine, inspirada pela famosa "navalha de Ockham", é, para alguns, meramente estética, e não tem peso argumentativo.[81] Mas Quine possui um argumento mais elaborado para negar um universo de *possibilia*, diz ele que *não há entidades sem identidade*. Este famoso princípio de Quine estabelece que para algo existir deve ser passível de identificação e distinção perante os demais objetos. Só assim poderíamos saber se se trata de um único objeto ou de uma pluralidade (QUINE, *op. cit.*). Segundo Quine, como não temos como identificar os *possibilia* – afinal, como saber que os diversos homens gordos possíveis no umbral da porta são distintos? –, esses não deveriam existir. Embora esse argumento seja mais elaborado que o anterior, muitos acreditam que ele está também longe de ser

[80] Para Platão, no entanto, aquilo que não está no espaço e no tempo é "mais real".
[81] Cf. BRANQUINHO, *op. cit.*

inquestionável.[82] A terceira e última crítica de Quine dirige-se aos *impossibilia*, objetos contraditórios, como o quadrado redondo, e que também são admitidos por Sr. Y como subsistindo. Ora, neste caso, segundo Quine, ou se admite contradições ou se diz que elas são destituídas de sentido. Por exemplo, a proposição "a cúpula quadrada e redonda do Berkeley College não existe" ou se refere a algo que seja a cúpula do Berkeley College, e essa é quadrada e redonda, ou é destituída de significado. Para Quine, as duas opções são problemáticas.[83]

Quanto a Pégaso existir como uma "ideia na mente", "ser concebível" ou "ser imaginável" não é o sentido relevante de existir, segundo Quine, e insistir nisso resulta em equívocos, já que a ideia de uma coisa e a própria coisa acabam por ser confundidas.[84] Além disso, é muito difícil de se aceitar que existe uma única representação mental de Pégaso, por exemplo. Não havendo uma única representação, torna-se impossível uma discussão acerca da existência ou não de Pégaso, pois não se estaria falando da mesma (suposta) entidade (QUINE, 1975b).

A posição final de Quine quanto ao problema dos não-existentes pode ser resumida como se segue. De início, Quine considera a chamada barba de Platão uma falácia, que peca por cometer os seguintes erros. 1) Considera que todos os termos-sujeito das frases significativas referem. Segundo Quine, isso é falso, não é verdade que todos os termos-sujeito de uma sentença significativa denotam, referem ou nomeiam algo. 2) Considera os termos-sujeito como nomes genuínos. Esses nomes deveriam, na verdade, ser encarados como abreviações de descrições, seguindo a teoria das descrições de Russell.[85] E 3) Considera a existência um predicado. Para Quine, numa linguagem formalizada (lógica), a existência não deveria ser encarada como um predicado, mas como um quantificador. O quantificador existencial, por sua vez, não faz distinção entre "existir", ter "ser" ou "subsistir", o que teria a vantagem de evitar mal-entendidos que resultam, para Quine, em teorias duvidosas. Em suas palavras:

---

[82] Poderíamos perguntar-nos pelo critério de identificação dos *possibilia*. Num realismo modal, por exemplo, as coisas se passam de modo distinto do apregoado por Quine. David Lewis mostrou que esse argumento de Quine é problemático. Não tenho o propósito de avaliar os argumentos de Quine aqui. As fragilidades desta tese são discutidas, por exemplo, em FRENCH e KRAUSE, 2006, §§ 4.2.1. Os argumentos desses autores giram em torno da questão exposta na seção 2.3 desta tese.

[83] Para detalhes dos argumentos de Quine, ver QUINE, *op. cit*.

[84] Russell fez uma crítica semelhante ao idealismo de Berkeley no capítulo 4 de seu *The problems of philosophy*. Ver RUSSELL, 1997.

[85] Ver RUSSELL, 1978.

> Comprometemo-nos com uma ontologia que contém números, quando dizemos que há números primos maiores que um milhão; comprometemo-nos com um ontologia que contém centauros, quando dizemos que há centauros; e comprometemo-nos com uma ontologia que contém Pégaso, quando dizemos que Pégaso é. Mas não nos comprometemos com uma ontologia que contém Pégaso, ou o autor de *Waverley,* ou a cúpula redonda e quadrada do Berkeley College, quando dizemos que Pégaso, ou o autor de *Waverley*, ou a cúpula em questão *não* é. Não precisamos mais trabalhar sob o peso da ilusão de que a significatividade de um enunciado que contém um termo singular pressupõe uma entidade nomeada pelo termo. Um termo singular não precisa nomear para ser significante (QUINE, 1975b, p. 228).

Não obstante as críticas ao problema da não-existência, Quine nos oferece argumentos positivos para esclarecer a noção de existência. O mais interessante deles, acredito, é o da relatividade ontológica, e que é apenas uma parte de um sistema mais complexo. Diz ele que

> Ser assumido como uma entidade é, pura e simplesmente, ser reconhecido como o valor de uma variável. [...] As variáveis da quantificação [...] percorrem toda a nossa ontologia, qualquer que seja ela; e ficamos atados [*convicted*] a uma pressuposição ontológica particular se e somente se o pretenso pressuposto tiver que ser reconhecido entre as entidades que nossas variáveis percorrem a fim de tornar uma de nossas afirmações verdadeira. (*op. cit.*, p. 230-1).

Assim, deveríamos falar não em uma ontologia geral, destacada de uma teoria, mas em ontologias relativizadas a cada teoria, ou seja, se numa determinada teoria formalizada temos o quantificador existencial da lógica clássica agindo sobre determinadas variáveis, constituindo assim fórmulas fechadas, então os valores dessas variáveis, aquilo que elas representam, existem relativamente à teoria em questão. Construir declarações com variáveis ligadas, porém, não determina o que há *simpliciter*. Quine deixa isso claro quando diz que

> Voltamo-nos a variáveis ligadas no contexto da ontologia não a fim de saber o que há, mas a fim de saber o que uma certa afirmação ou doutrina, nossa ou de outrem, diz que há; enquanto tal, esse é propriamente um problema que diz respeito à linguagem. Mas o que há é outra questão (QUINE, 1975b, p. 232).

A citação acima evidencia o nominalismo de Quine. Para ele, assim como a adoção de um sistema de teoria científica é uma questão de linguagem, a própria ontologia dessa teoria, por consequência, passa também a ser uma questão de linguagem.[86]

Vimos acima algumas questões concernentes ao conceito de "existência". Qualquer questão sobre quais entidades existem e quais não existem pressupõe um esclarecimento acerca do próprio significado de "existir". Embora as questões desta seção tenham sido de caráter parcial e pouco preciso, acredito que tenham aberto o caminho para as seções que se seguem, onde a questão sobre o que existe ou não será discutida. Ao discutir-se aquilo que existe ou não existe, acabamos também por clarificar o próprio conceito de existência. Seguindo essa ideia, inicio a discussão considerando a possibilidade de existência do objeto matemático.[87]

4.3 REALISMO E ANTIRREALISMO EM FILOSOFIA DA MATEMÁTICA

Inicio a seção com uma citação do matemático inglês Goldfrey Harold Hardy que, em seu livro *A mathematician's apology*, expressou-se nos seguintes termos:

> Acredito que a realidade matemática reside fora de nós, que nossa função é descobri-la ou observá-la, e que os teoremas que provamos, e que descrevemos grandiloquentemente como nossas "criações", não passam de anotações de nossas

[86] Para detalhes sobre a relação entre linguagem e ontologia, ver, por exemplo, QUINE, 1975a; 1975b. Uma teoria de relativismo ontológico – não necessariamente a de Quine – será de grande interesse para minha defesa do realismo estrutural ontológico, e voltarei a falar dela no último capítulo da tese.

[87] No capítulo 2 vimos que French e Ladyman (2003a, 2003b) afirmam que uma filosofia da matemática é necessária para uma defesa do realismo estrutural ontológico.

> observações. Essa visão foi defendida, de uma forma ou de outra, por muitos filósofos renomados, de Platão em diante [...]. Essa visão realista é muito mais plausível em relação à realidade matemática do que à física, porque os objetos matemáticos são bem semelhantes ao que parecem. Uma cadeira ou uma estrela são bem diferentes do que parecem ser; quanto mais pensamos nelas, mais distintos se tornam os seus contornos na bruma da sensação circundante; mas "2" ou "317" não têm nada a ver com a sensação, e suas propriedades se destacam mais claramente quanto mais perto os examinamos. Pode ser que a física moderna se encaixe melhor na estrutura da filosofia idealista – não acredito nisso, mas existem físicos eminentes que dizem isso. A matemática pura, por outro lado, parece-me uma rocha onde todo o idealismo soçobra: 317 é primo, não porque pensamos assim, ou porque nossas mentes são constituídas dessa ou daquela maneira, mas *porque é assim*, porque a realidade matemática está estruturada dessa maneira (apud GOLDSTEIN, 2008, p. 39).

Encontramos na citação de Hardy acima um forte espírito platônico. Para ele, a matemática pura reflete uma realidade matemática estruturada, 317 é um número "porque é assim" não porque assim o queremos. Isso reflete tanto um realismo ontológico quanto epistemológico, isto é, 317 existe objetivamente e a verdade de que ele é primo independe de qualquer sujeito.

É claro que a posição de Hardy mencionada acima é muito mais complexa do que possa parecer à primeira vista. Existem divergências, mesmo entre os platônicos, por exemplo, no que diz respeito ao conhecimento das entidades aritméticas. Alguns, como Kurt Gödel, dirão que há quase que uma relação *perceptiva* entre nós e as entidades aritméticas. Para ele, a matemática é um meio de revelar as características da realidade matemática objetiva, assim como para Einstein a física era um meio de revelar aspectos da realidade física objetiva (GOLDSTEIN, 2008, p. 38).[88] Outros pensadores tentaram reanimar uma forma qualificada do projeto logicista de Frege de

---

[88] Voltarei a falar do platonismo de Gödel adiante.

fundamentar o conhecimento aritmético a partir dos conhecimentos da lógica (*ibid*.).

Para um platônico em aritmética – ou seja, um realista de entidades matemáticas – a verdade da proposição ‘7 é um número primo’ implica a “existência” de um objeto, o número 7.[89] Esse objeto pode ser encarado como “abstrato” em algum sentido – em oposição a “concreto”, por exemplo –, pois não tem localização espaço-temporal e seria causalmente inerte. Um platônico em aritmética dirá que o número 7 “existe” – ou talvez seja mais adequado dizermos, se quisermos nos aproximar mais de Platão, que ele tem “ser” – e instancia a propriedade de ser um número primo, independentemente das crenças, práticas linguísticas, esquemas conceituais etc. de qualquer pessoa. Esses objetos são descobertos pelo matemático e não construídos ou inventados por ele. Um platônico em matemática sustentará que as verdades matemáticas existem de modo independente de quaisquer atividades humanas, como a construção de sistemas formais, com seus axiomas, definições, regras de inferência, provas etc. As verdades da matemática são determinadas por sua própria realidade, composta de entidades abstratas (números, conjuntos etc.). A estrutura dos números naturais, digamos, independe de qualquer sujeito, do mesmo modo que um realista em física sustentaria que a estrutura do espaço-tempo independe do que nós possamos pensar sobre ela. As propriedades desses números, ou do conjunto deles, como “ser primo”, “ser par”, “ser contável” etc. são tão objetivas, na visão do platônico, como o são as propriedades físicas da luz, da gravidade, da força etc. para o realista físico.[90]

De início, algumas objeções surgem. Primeiro, em relação a eles serem “abstratos” e “causalmente inertes”. A objeção a seguir foi defendida, entre outros, pelo filósofo da matemática Paul Benacerraf em seu artigo Mathematical Truth e ficou conhecida como “o argumento ou dilema de Benacerraf”. Ela se destina a atacar especialmente a dimensão epistemológica do realismo matemático, mas tem como consequência uma suposta refutação da ontologia platônica.

Muitas teorias do conhecimento são ditas “causais”, ou seja, para que o sujeito cognoscente conheça um objeto, espera-se que esse esteja

---

[89] Muitas teses ditas “platônicas” em filosofia da matemática têm pouca semelhança com a teoria original de Platão. Não obstante, nesta tese, tomarei os termos “platonismo” e “realismo matemático” como sinônimos, mesmo que alguns – Putnam, por exemplo – prefiram diferenciá-los.

[90] Como mostrarei adiante, Gödel usará um argumento semelhante para sustentar seu platonismo.

em relação causal com o sujeito.[91] É claro que nessa visão do conhecimento resta ao realista em matemática explicar como as entidades dessa disciplina entram em relação causal com o sujeito cognoscente. Se o realista matemático disser que não há tal relação, cabe-lhe então explicar como há conhecimento matemático. Benacerraf defende, entretanto, que uma epistemologia considerada adequada para lidar com objetos físicos – e a teoria causal seria – deveria abranger também os objetos matemáticos, em suas palavras:

> Uma explicação do conhecimento que *parece* funcionar para certas proposições empíricas sobre os objetos físicos de tamanho médio, mas que falha na hora de explicar o conhecimento mais teórico, é insatisfatória; não apenas porque é incompleta, mas porque também pode ser incorreta, mesmo como uma explicação das coisas que ela parece abranger de maneira adequada. (BENACERRAF, 1983, p. 404)

Se aceitarmos que conhecemos o mundo através dos sentidos, e que esses são "tocados" por objetos concretos, localizados no espaço-tempo, então deveríamos concluir que não há conhecimento de objetos matemáticos enquanto entidades abstratas, ou que, se há conhecimento matemático, esse não pode ser de entidades abstratas – que se opõem a entidades concretas[92] –, ou ainda que a mente tenha algum tipo de relação especial – que pode ser denominada "intuição" – com entidades abstratas que possibilita o conhecimento dessas, não necessitando recorrer à noção de causalidade.[93] O problema com a intuição, segundo Benacerraf, é que ela quase nunca explica de maneira aceitável o

[91] A causalidade foi introduzida à clássica definição de inspiração platônica – ver seu *Teeteto* – que define conhecimento como crença verdadeira e justificada pelo filósofo americano Edmund Gettier, que apresentou em 1963, em um artigo de três páginas intitulado *Is Justified True Belief Knowledge?*, algumas objeções à definição tripartite do conhecimento. Segundo Gettier, há exemplos de crenças verdadeiras e justificadas que não podem ser consideradas conhecimentos. Para resolver o problema, Gettier acrescentou a esses três requisitos a noção de causalidade: para que uma crença verdadeira e justificada possa ser considerada conhecimento – inclusive matemático – é necessário que o que causa a crença esteja em relação causal com o sujeito. Para detalhes, ver GETTIER, 1963; para o uso desse argumento no dilema de Benacerraf, ver MADDY, 1990, p. 37ss. Voltarei a discutir o dilema de Benacerraf no capítulo 6.

[92] É um pressuposto de Benacerraf que entidades localizadas no espaço-tempo – o sujeito cognoscente – não se relacionam com entidades não localizadas no espaço-tempo – as entidades matemáticas.

[93] À frente mostrarei que Gödel é um partidário dessa explicação intuitiva.

conhecimento matemático, pelo menos não como a percepção sensível explicaria o conhecimento empírico. Para ele,

> Se nossa explicação do conhecimento empírico é aceitável, deve sê-lo em parte porque trata de tornar evidente a conexão no caso de nosso conhecimento teórico, onde não está claro *prima facie* como se pode completar a explicação causal. Assim, quando chegamos à matemática, a ausência de uma explicação coerente de como se conecta nossa intuição com a verdade das proposições matemáticas torna insatisfatória a explicação global. (BENACERRAF, 1983, p. 416)

A "explicação global" (*over-all account*) à qual Benacerraf se refere ao final da citação decorre de seu princípio de unificação da epistemologia empírica (causal) e não-empírica (não-causal). A aceitação dessa unificação é fundamental para seu argumento contra o platonismo. De qualquer forma, dentro da visão causal do conhecimento ou não, resta ao realista em matemática, caso queira fugir das críticas de Benacerraf, explicar como as entidades dessa disciplina fornecem conhecimento ao sujeito cognoscente.

É claro que a visão que sustenta que "conhecemos o mundo apenas através dos sentidos" tem origem empirista, e sabemos que essa visão também está repleta de dificuldades. Parece, portanto, que a questão está em aceitar ou não a posição que impõe como necessária a causalidade, e se ela não é aceita, oferecer alternativa razoável a ela. Se se aceita que é o objeto que causa o conhecimento no sujeito, então a ideia de que todo conhecimento deve ser resultado de uma interação causal entre o sujeito e o objeto me parece confortável do ponto de vista empirista. Talvez o realista matemático pudesse sustentar que o que pode valer como critério de conhecimento para objetos físicos não vale necessariamente como critério de conhecimento de objetos matemáticos. Se assim for, o crítico *à la* Benacerraf incorreria numa falácia, pois critica algo que o realista não consegue explicar – a relação causal – sendo que esse não está disposto a aceitar esse algo.

Além disso, sabemos pela história da teoria do conhecimento que o empirista também enfrenta diversas dificuldades ao sustentar que temos conhecimento causal do mundo. Dificuldades essas que vão desde os céticos antigos, passam pelos filósofos modernos e ainda estão presentes nas teorias atuais. O que garante ao empirista que nossos sentidos são "tocados" de alguma forma por objetos concretos? Como estabelecer que um objeto físico seja concreto? Por que se localiza no espaço-tempo? O que significam esses conceitos? Até que ponto se pode dizer que as entidades da física quântica ou de teorias mais avançadas, como a teoria das cordas, são concretas? O que é um objeto físico?

Para escapar dessas dificuldades, Gödel – como mostrarei melhor à frente – não considera o critério causal como sendo fundamental à filosofia da matemática. Para ele, temos conhecimento de entidades matemáticas através de uma "percepção" que provém de um estado mental, não de uma relação causal. Seja como for, a falta de uma resolução adequada para esse impasse epistemológico pode ser fatal para o realismo em matemática. Resumindo, possíveis alternativas – tanto realistas quanto antirrealistas – que poderiam resolvê-lo seriam: 1) admitir que os objetos matemáticos sejam concretos em algum sentido. Essa é a posição dos empiristas e de alguns naturalistas, como Maddy (pelo menos em *Realism in Mathematics*);[94] 2) admitir que eles são abstratos e que podem sim, de alguma maneira, entrar em relação causal com a mente; 3) admitir que são abstratos e obtemos conhecimento deles através de uma "percepção", identificada mais em termos de estados mentais do que de relações causais. Esta parece ser a posição de Gödel, por exemplo; 4) eles não são nem concretos nem abstratos, possuindo uma terceira natureza.

Além do problema epistemológico esboçado acima, há também o problema ontológico. Se de fato objetos matemáticos "existem" ou têm "ser", onde estão situados? Num mundo platônico de formas perfeitas? Em outro lugar? Qual? Essas duas dimensões do realismo matemático, a epistemológica e a ontológica, ao mesmo tempo que parecem não poder ser separadas, acabam por prejudicar uma a outra. Na visão de Benacerraf, se os objetos matemáticos "existem" e são abstratos, então eles não podem ser conhecidos; por outro lado, se podem ser conhecidos, então não seriam abstratos.

Lembramos, porém, que essa é a visão crítica ao realismo. Esse tenta o máximo possível sustentar que não há tensão alguma entre epistemologia e ontologia na filosofia da matemática. Neste momento, talvez seja importante para esclarecer melhor alguns argumentos realistas que serão abordados abaixo adentrarmos na visão platônica original.

---

[94] Vale ainda lembrar que Quine rejeita a distinção concreto/abstrato.

4.3.1 Elementos da visão platônica da matemática

É comum atribuir a origem do realismo matemático a Platão. Isso não implica, entretanto, que o realismo matemático sustentado atualmente seja idêntico ao platônico, a despeito da terminologia "platonismo em matemática" ser utilizada, por muitos, como sinônimo de realismo matemático. A doutrina platônica original acerca da matemática surge como um fragmento de sua teoria das ideias ou formas.[95] Não me cabe nesta tese apresentar elementos aprofundados da filosofia de Platão, primeiro porque isso me afastaria do tema, segundo porque me falta competência para tal. Não obstante, algumas breves palavras sobre a visão original de Platão sobre a matemática não são de todo inoportunas para a compreensão da disputa realista.

É bastante aceito que Platão recebeu forte influência dos pitagóricos, mesmo que não estejamos dispostos a aceitar, assim como Aristóteles, que ele tenha sido de fato um pitagórico.[96] Como afirma Oskar Becker, para os pitagóricos, a essência das coisas se reduzia a números, ou talvez fosse melhor dizer que se reduzia a *leis* definíveis através de números, o que levaria à conclusão de que a harmonia e simetria das leis numéricas eram transferidas para as leis que regem as coisas (BECKER, 1965, p. 24). Segundo Becker, a visão dos pitagóricos é a de que

> "Número" significa a estrutura das coisas, aritmeticamente descritível, e que constitui sua essência propriamente dita. Contudo, na concepção pitagórica esta "estrutura" não é o arcabouço atribuído à coisa por outrem, mas uma armação interna à própria coisa, e que de dentro a mantém unida (*op. cit.*, p. 20).

Mesmo que Platão não tenha seguido a doutrina pitagórica em sua totalidade, é patente que ele a segue em grande medida quando, no *Timeu*, afirma que os quatro elementos básicos da natureza – fogo, ar, água e terra – são poliedros regulares, sendo o fogo tetraedro, o ar

---

[95] É comum referir-se à teoria platônica utilizando-se tanto o termo 'ideia' (do grego *idea*) quanto 'forma' (do grego *eidos*). Opto aqui pelo termo 'forma' por me parecer menos sujeito a confusões como está o termo 'ideia', confusão devida principalmente à disparidade do sentido dado a esse termo por Platão e pelos modernos.

[96] Na *Metafísica*, Aristóteles diz que o sistema de Platão "em muitos aspectos harmonizava-se com elas [teorias itálicas, pitagóricas], mas também encerrava características distintas daquelas da filosofia itálica." (ARISTÓTELES, *Metafísica*, 987a 30).

octaedro, a água icosaedro (20 faces) e a terra cubo (PLATÃO, *Timeu*, p. 54-56).[97]

Não obstante as semelhanças à teoria pitagórica, Platão acrescentou um elemento novo e fundamental para sua filosofia, a diferença entre o caráter formal dos números ou figuras geométricas e o caráter "fluido" das coisas sensíveis. Hoje em dia nos parece relativamente clara a diferença entre um círculo sensível, construído pelo geômetra numa folha de papel, por exemplo, e o círculo formal da geometria pura. Por mais que o primeiro seja bem construído, sabemos que ele nunca possuirá, a rigor, as propriedades pertencentes ao segundo. Parece-nos, portanto, que existem dois tipos de entidades, uma imperfeita, "fluida", e outra perfeita, imutável. Platão postula então sua famosa distinção entre os dois mundos, o sensível e o inteligível, sendo o primeiro mutável, múltiplo e perecível enquanto o segundo é imutável, uno e eterno. As formas, entre elas as da matemática, por serem imutáveis, unas e eternas pertenceriam ao mundo inteligível, conhecido também como "mundo das formas". Platão defenderá sua doutrina das formas em diversos diálogos, como *Menon, A República, Fédon*, *Parmênides* entre outros. Por exemplo, em *A República*, Livro VI, Platão refere-se especificamente à matemática nos seguintes termos:

> Suponho que sabes que aqueles que se ocupam da geometria, da aritmética e de ciências desse gênero, admitem o par e o ímpar, as figuras, três espécies de ângulo, e outras doutrinas irmãs destas, segundo o campo de cada um. Estas coisas dão-nas por sabidas, e, quando as usam por hipóteses, não acham que ainda seja necessário prestar contas disto a si mesmos nem aos outros, uma vez que são evidentes para todos. E, partindo daí e analisando todas as fases, e tirando as consequências, atingem o ponto a cuja investigação se tinham abalançado (PLATÃO, *A República*, 510d).

A seguir no diálogo, após o assentimento de Glauco, Sócrates continua, enfatizando a distinção entre as figuras sensíveis e as inteligíveis:

---

[97] É interessante notar que o físico Werner Heisenberg, em seus escritos de teor filosófico, mostrou grande simpatia pelos poliedros regulares de Platão na interpretação filosófica da então nascente física quântica. Ver, por exemplo, HEISENBERG, 1998, § 20.

> Logo, sabes também que se servem de figuras visíveis e estabelecem acerca delas os seus raciocínios, sem contudo pensarem neles, mas naquilo com que se parecem; fazem os seus raciocínios por causa do quadrado em si ou da diagonal em si, mas não daquela cuja imagem traçaram, e do mesmo modo quanto às restantes figuras. Aquilo que eles modelam ou desenham, de que existem as sombras e os reflexos na água, servem-se disso como se fossem imagens, procurando ver que não pode avistar-se, senão pelo pensamento (*op. cit.*, 510e).

Na alegoria da linha (*op. cit.*, 509d-513e), Platão coloca como diferentes os processos que levam ao conhecimento matemático e os que levam ao conhecimento do Bem, denominando o que leva ao conhecimento matemático “entendimento” e o que leva ao conhecimento do Bem “inteligência”. O primeiro, segundo ele, baseia-se em hipóteses para que se atinjam conclusões; o segundo, por outro lado, através da dialética, contempla os princípios primeiros, sendo o mais nobre deles a forma do Bem. Nas palavras que Platão atribui a Glauco, e que Sócrates confirma como corretas, temos: “[...] chamas entendimento, e não inteligência, o modo de pensar dos geômetras e de outros cientistas, como se o entendimento fosse algo de intermédio entre a opinião e a inteligência.” (*op. cit.*, 511d).

Depois de estabelecida uma ontologia de formas, Platão necessita explicar como obtemos conhecimento delas. No *Menon* e no *Fédon*, por exemplo, Platão afirma que conhecemos as formas – entre elas, as matemáticas – através da reminiscência (*anamnese*).[98] Essas, por sua vez, foram contempladas pela alma enquanto presente no mundo das formas. Para sustentar sua teoria, Platão argumenta – por exemplo, no *Fédon* –, que somos dotados de uma alma imortal (*nous*), que habita o mundo das formas antes de estar presente no corpo. Sendo assim, a alma, quando presente no mundo das formas, tem contato com essas da maneira mais plena possível, justamente por ser da mesma natureza delas. A alma traz consigo, portanto, todo o conhecimento ou ciência (*epistéme*) das formas, sendo que o processo de aprendizagem consistiria então na recordação ou reminiscência dessas, e o método mais eficaz para isso seria a dialética. O papel da matemática nisso tudo, como visto nas citações acima de *A República*, é preparar a alma para a

[98] Cf. *Menon*, 80d-86c; *Fédon*, 72e-77a.

contemplação da forma suprema, o Bem. Isso, aparentemente, nada tem a ver com um conhecimento causal, como exigido por Benacerraf.

4.3.2 Alguns realistas em matemática

As críticas à teoria platônica, desde Aristóteles, são muitas, até mesmo entre os realistas.[99] Por exemplo, ela tem a desvantagem – para alguns, pelo menos – de adicionar um forte elemento místico à filosofia da matemática. Muitos realistas matemáticos, como Quine, Putnam (pelo menos em seus escritos da década de 1970) e Penélope Maddy (pelo menos em *Realism in Mathematics*), por exemplo, rejeitam a dimensão mística, em favor de um naturalismo matemático (cf. abaixo).[100]

Quine, por sua vez, acusou Platão de superpovoar o mundo com sua teoria das formas. Em seu naturalismo, sustentou que só existem aquelas "formas matemáticas" que são indispensáveis para nossas melhores teorias sobre o mundo, não sendo os objetos matemáticos independentes do mundo físico.[101] Assim, para Quine, não se pode ser realista quanto às teorias científicas e ao mesmo tempo não acreditar na existência das entidades matemáticas utilizadas por ela. Apenas a ciência está apta a decidir, através da elaboração de suas teorias, quais entidades matemáticas são necessárias para a correta interpretação do mundo. Caberá à ciência, e não à filosofia, postular quais entidades matemáticas existem.

Para compreendermos melhor a visão de Quine sobre a filosofia da matemática, temos que considerar seu holismo. Para ele, um sistema científico é encarado como um complexo de proposições, hipóteses auxiliares e diversos outros elementos – que nem sempre são explicitados – que interagem entre si, o que impossibilita um teste isolado de uma proposição, pois o que se põe à prova é o sistema como um todo. Assim, cada um dos elementos (proposições, hipóteses etc.) é indissociável do todo; não se pode, por exemplo, verificar ou falsear uma hipótese isolada, já que ela inevitavelmente pertence a um universo de inter-relações, onde figuram outras hipóteses, proposições etc.

---

[99] Não as mencionarei nesta tese. Em Aristóteles, ver *Metafísica*, Livro I.

[100] Putnam, para evitar qualquer compromisso com o misticismo, rejeitou o termo "platonismo", preferindo usar "realismo puro". Vale lembrar que Quine era realista em filosofia da matemática, embora fosse nominalista em metafísica.

[101] Ver, por exemplo, seu *Epistemologia Naturalizada*.

Esta tese ficou conhecida como princípio Duhem-Quine, por ter sido primeiramente exposta pelo filósofo francês Pierre Duhem em seu livro *La théorie physique: som objet et sa structure*. Em seu artigo *Dois dogmas do empirismo*, Quine afirma que "[...] nossos enunciados sobre o mundo exterior enfrentam o tribunal da experiência sensível não individualmente, mas apenas como corpo organizado" (QUINE, 1975b, p. 251). Para ele, as teorias científicas devem ser tomadas globalmente como teias de crenças interligadas, em oposição ao caráter analítico-sintético dessas crenças. Os elementos dessas teorias estão distribuídos de acordo com sua proximidade com a experiência. Das extremidades da teia até o seu interior, Quine propõe a seguinte sequência: frases observacionais, leis das ciências experimentais (física, química, biologia etc.) princípios gerais das ciências (física, química, biologia etc.), enunciados teóricos, lemas matemáticos, corolários matemáticos, teoremas matemáticos, axiomas matemáticos e, no núcleo da teia, as leis da lógica (CASTRO, 2009).

De acordo com esse esquema, a matemática ocupa a região central da teia, o que mostraria a sua indispensabilidade em relação às demais regiões, sendo também considerada, como vimos acima, uma ciência natural. Quine acredita justificar desta maneira a existência dos objetos matemáticos e a própria noção de verdade matemática. Como coloca Eduardo Castro:

> A doutrina holista da confirmação implica que estamos justificados a acreditar que as nossas teorias matemáticas são teorias verdadeiras, porque as teorias matemáticas fazem parte da nossa teia de crenças e a nossa teia de crenças tem sido repetidamente confirmada; as nossas teorias matemáticas são parte de uma teia de teorias interligadas que são confirmadas, repetida e holisticamente, de modo empírico. Ora, se as nossas teorias matemáticas são teorias verdadeiras, então, pelo critério de compromisso ontológico quineano [ser é ser valor de uma variável], existem as entidades supostas por essas teorias matemáticas, uma vez que as entidades matemáticas surgem como variáveis ligadas nas proposições das nossas melhores teorias científicas. (CASTRO, p. 13)

Putnam, de maneira mais radical que Quine, defenderá que a matemática não só simplifica a física, mas sustenta que essa não pode nem mesmo ser formulada sem a matemática. Em certo momento, Putnam afirma que "matemática e física estão integradas de tal maneira que não é possível ser um realista com respeito à teoria física e um nominalista com respeito à teoria matemática" (PUTNAM, 1975, p. 74 apud MADDY, 1990, p. 29). Como consequência,

> [...] isso nos compromete a aceitar a existência das entidades matemáticas em questão. Esse tipo de argumento tem sua origem, certamente, em Quine, quem por anos sublinhou a indispensabilidade das entidades matemáticas e a desonestidade intelectual de negar a existência daquilo que habitualmente é pressuposto (PUTNAM, 1971, p. 347 apud MADDY, *op. cit.*, p. 30).

A tese Quine/Putnam esboçada acima ficou conhecida como "argumento da indispensabilidade". Em síntese, o argumento da indispensabilidade sustenta que estamos comprometidos com a existência dos objetos matemáticos porque eles são indispensáveis às nossas melhores teorias aceitas sobre o mundo.[102] Esse argumento foi também defendido posteriormente – em alguma versão – por Maddy (*op. cit.*), Mark Colyvan[103], entre outros, sendo utilizada como possível alternativa ao dilema de Benacerraf.

Outros filósofos, todavia, acreditam que ele não é uma resposta adequada ao problema. Hartry Field, por exemplo, sustenta que o argumento da indispensabilidade conta mais a favor da confiabilidade

---

[102] Vale observar que recentemente Michael Resnik formulou uma versão mais forte que estas de Quine e Putnam, denominada "argumento pragmático da indispensabilidade". O argumento pode ser assim sintetizado:
P1. Ao estabelecer leis e suas derivações, a ciência assume a existência de muitos objetos matemáticos e muito da verdade matemática;
P2. Esses pressupostos são indispensáveis para a investigação científica (*pursuit of science*); além disso, muitas conclusões importantes obtidas pela ciência não podem ser derivadas sem tomar-se as afirmações matemáticas como verdadeiras.
P3. Assim, estamos justificados a obter conclusões a partir e dentro da ciência apenas se estamos justificados a tomar a matemática usada na ciência como verdadeira.
P4. Estamos justificados a usar a ciência para explicar e predizer;
P5. A única maneira conhecida de usar a ciência envolve, portanto, retirar conclusões a partir e dentro dela.
Conclusão: por P3, estamos justificados em tomar a matemática como verdadeira (RESNIK, 1997, p. 46-8; ver também MARCUS, 2010).

[103] Ver seu 2011, onde há farta referência sobre o argumento da indispensabilidade.

nas entidades matemáticas do que na justificativa da existência dessas.[104] Para ele, a melhor saída seria negar a existência de entidades abstratas e encará-las como ficções que cumprem um papel numa determinada história. Assim, já que o realista matemático, na visão de Field, não consegue resolver o dilema de Benacerraf, deveríamos abandonar a possibilidade de existência de objetos abstratos e eliminar as referências a entidades matemáticas feita pelas teorias científicas. Para ele, talvez as teorias físicas – ou boa parte delas –, por exemplo, nem mesmo necessitem de entidades matemáticas, como números e funções. Segundo Field,

> [...] o melhor que podemos fazer é esforçar-nos para tentar mostrar que a função explanatória das entidades matemáticas não é o que superficialmente parece ser; e a maneira mais convincente seria mostrar que existem algumas estratégias gerais convincentes que podem ser empregadas para purificar teorias de toda referência a entidades matemáticas (FIELD, 1989, p. 17-8 apud MADDY, 1990, p. 163).

Para Field, as entidades matemáticas deveriam ser encaradas apenas como ficções. Desse modo, a verdade de "2 + 3 = 5" se assemelharia à verdade de "Sherlock Holmes foi um detetive particular em Londres", as duas se estabeleceriam por "convenções" internas ao próprio sistema, e não por referência a entidades externas à mente do matemático.

Voltando ao argumento da indispensabilidade, uma característica patente desse, e que o afasta do platonismo tradicional, é que ele aparentemente repudia o caráter *a priori* e necessário da matemática, na medida em que sustenta que apenas aquelas entidades que são indispensáveis para as nossas melhores teorias naturais sobre o mundo existem. Se a matemática depende, de algum modo, das ciências naturais, que são em grande medida *a posteriori* e contingentes, aparentemente não há como defender que a matemática seja *a priori* e necessária. Segundo Maddy, Putnam chega a sugerir que as dificuldades encontradas na mecânica quântica talvez possam ser mais bem superadas alternando-se nossas leis lógicas em vez das hipóteses

---

[104] Não me dedicarei aqui às críticas de Field ao platonismo. Para uma visão geral do seu nominalismo e para referências adequadas, ver MADDY, 1990, p. 159-70.

físicas.[105] Isso sugere que as leis matemáticas podem ser revistas, o que afastaria aparentemente seu caráter de necessidade (*op. cit.*, p. 30).

Não obstante suas vantagens, o argumento de Quine/Putnam parece limitar em grande medida o trabalho do matemático excluindo – ou pelo menos não considerando – a matemática pura ao restringi-la à sua aplicabilidade. O argumento, portanto, parece afastar-nos da realidade prática dos matemáticos profissionais, pois sabemos que muitos desses não desenvolvem seu trabalho tendo em vista a aplicabilidade.

Nessa linha, Maddy critica o argumento da indispensabilidade quineano – não com o intuito de refutá-lo, mas de corrigi-lo – afirmando que a matemática deve seguir seus próprios parâmetros, do mesmo modo que Quine defendeu que as ciências naturais deveriam seguir os seus, isto é, nenhuma área externa à matemática pode julgá-la, tornando a matemática independente não só da metafísica, mas também das ciências naturais (COLYVAN, 2011).

Neste ponto, embora Maddy tenha se inspirado no naturalismo quineano, não sustentará, como esse fez, que as entidades matemáticas só existem na medida em que são indispensáveis para as ciências naturais. Segundo Maddy, Quine não teria levado em conta que os métodos matemáticos são distintos dos das ciências naturais. As teorias matemáticas não podem, a seu ver, ser comprovadas empiricamente, a despeito de suas entidades serem localizadas no espaço-tempo e serem perceptíveis (MADDY, *op. cit.*, p. 45ss). Sua divergência em relação à teoria de Quine surge, entre outros motivos, pelo fato de esse não ter levado em conta a prática do matemático, que trabalha não apenas no nível da matemática aplicada, mas principalmente no da matemática pura.

Maddy, por sua vez, fundamentada em teorias psicológicas e neuropsicológicas, defende um realismo de conjuntos. Em poucas palavras, para ela, quando vemos três árvores, por exemplo, podemos tomá-las como perfazendo um conjunto e formular uma crença perceptiva sobre ele, e isso é assim porque o conjunto é o sujeito da predicação numérica, neste caso, do três (*op. cit.*, p. 58-62).[106] Isso implica, porém, numa ruptura com o platonismo tradicional. Nas

[105] É isso que apregoam também French e Krause (2006), entre tantos outros.

[106] Na verdade, Maddy considera outras duas opções para ocupar o lugar de portador numérico, o agregado e o conceito. Ela prefere os conjuntos, porém, por acreditar que esses fazem parte de uma teoria de enorme sucesso e elegância na matemática – justamente a teoria de conjuntos, claro (*op. cit.*, p. 62-3).

palavras de Maddy: “pretendo rejeitar a caracterização platônica tradicional dos objetos matemáticos; trá-los-ei para o mundo que conhecemos e em contato com nosso aparato cognitivo familiar” (MADDY, 1990, p. 48). Desse modo, as entidades matemáticas são compreendidas como estando localizadas no espaço-tempo sendo, portanto, objetos perceptíveis e passíveis de relação causal, o que poderia funcionar como resposta ao dilema de Benacerraf. Para defender essa tese, Maddy reconhece a influência recebida tanto de Quine – ao “naturalizar” os conjuntos – quanto de Gödel – ao considerar a “percepção” como elemento fundamental de contato entre o sujeito cognoscente e as entidades matemáticas (conjuntos) –, mas também acrescenta a essas interessantes teorias psicológicas e neuropsicológicas. Não tenho como objetivo defender ou criticar as teses realistas de Maddy, que por si só demandariam no mínimo uma dissertação, mas encerro sua menção apresentando duas objeções iniciais que podem ser colocadas ao seu realismo.[107] Primeiro, parece pouco provável que alguém que não tenha qualquer noção dos números naturais, por exemplo, possa ter uma crença numérica apenas observando uma quantidade de objetos. A segunda objeção nasce das próprias definições de números naturais dadas nas teorias de conjuntos usuais, que usualmente partem da noção de vazio. Nesse caso, teríamos que ter uma percepção também do conjunto vazio? Como seria isso possível?[108]

Vimos acima algumas ideias gerais do realismo matemático de Quine, Putnam e Maddy. Esses realismos, entretanto, pressupõem em grande parte teorias anteriores, destacadamente aquelas formuladas por Frege e Gödel. Para encerrar essa subseção sobre alguns realistas em matemática, menciono brevemente a seguir o realismo matemático desses pensadores.

Sendo Frege um dos pioneiros em discussões acerca da filosofia da matemática na contemporaneidade, iniciarei tecendo alguns breves comentários acerca de seu realismo, que ofereceu suporte ao seu projeto logicista de reduzir a aritmética à lógica (matemática). Não discutirei aqui, entretanto, o logicismo e suas dificuldades – que sempre pode ser estudado nos bons livros de filosofia da matemática ou da lógica –, mas

---

[107] Vale a pena notar que Maddy mudou em vários aspectos seu ponto de vista em trabalhos posteriores. As objeções que apresento aparecem em CASTRO, 2009.

[108] Há outras objeções além dessas e que Maddy considerou em seu livro; por exemplo, se conjuntos de fato existem e, se existem, se não seria mais adequado encará-los como entidades abstratas etc.

vale a pena mencionarmos, mesmo que superficialmente, a visão realista de Frege.

Russell foi, em dado momento, um dos principais defensores do programa logicista, cujo ápice encontra-se em sua monumental obra *Principia Mathematica*, escrita em parceria com Alfred North Whitehead.[109] Muitas das idéias contidas nas obras de Russell sobre o logicismo, porém, já se encontravam nos textos de Frege, que passou a ser considerado então o precursor desse programa. Em linhas gerais, a tese logicista pode ser apresentada através de dois pontos: 1) toda a matemática pode ser definida através de conceitos puramente lógicos; 2) toda proposição matemática verdadeira pode ser demonstrada a partir dos princípios da lógica matemática (clássica) – esses também, obviamente verdadeiros. Quanto a isso, diz Frege:

> Assim como a palavra "belo" assinala o objeto da estética e a palavra "bem" assinala o objeto da ética, assim também a palavra "verdadeiro" assinala o objeto da lógica. De fato, todas as ciências têm a verdade como meta, mas a lógica se ocupa dela de forma bem diferente. Ela está para a verdade aproximadamente como a física está para o peso ou o calor. Descobrir verdades é a tarefa de todas as ciências: cabe a lógica, porém, discernir as leis do ser verdadeiro (*Wahrsein*) (FREGE, 2002, p. 11).

O programa logicista de Frege-Russell era baseado nos princípios filosóficos do realismo matemático – pelo menos em alguma versão desse.[110] Nesse sentido, encontramos em Frege, por exemplo, um realismo aritmético bastante característico; acreditava ele que números existiam e que a verdade das proposições em que figuravam não dependia de quaisquer sujeitos[111], sustentando assim, ao que tudo indica, tanto um realismo ontológico quanto epistemológico. Consideremos a seguinte passagem:

---

[109] Russell, em certo momento de sua jornada filosófica, foi também um realista matemático. Devido à sua famosa inconstância em manter suas posições filosóficas, essa visão foi abandonada por ele posteriormente. Não seria totalmente inapropriado tratar de seu realismo aqui, porém, acredito que seu realismo oferece, com raras exceções, poucas novidades em relação ao de Frege.

[110] Mostrarei adiante que essa interpretação não é unânime.

[111] Veremos mais à frente, porém, que isso não significará para Frege que eles existem independentemente de quaisquer *contextos*, isoladamente.

> Assim, por exemplo, o pensamento que expressamos no teorema de Pitágoras é atemporalmente verdadeiro, verdadeiro independentemente do fato de que alguém o considere verdadeiro ou não. Ele não requer nenhum portador. Ele é verdadeiro não a partir do momento da sua descoberta, mas como um planeta que já se encontrava em interação com outros planetas antes mesmo de ter sido visto por alguém (*op. cit.*, p. 27).

E ainda, referindo-se agora à ciência natural:

> A tarefa da ciência não consiste em um criar, mas em um descobrir pensamentos verdadeiros. O astrônomo pode aplicar uma verdade matemática à investigação de eventos ocorridos em um passado longínquo, quando na Terra, pelo menos, ninguém ainda havia reconhecido essa verdade. Ele pode fazer isso porque o ser verdadeiro de um pensamento é intemporal. Donde, essa verdade não pode ter-se originado de sua descoberta (*op. cit.*, p. 34).

Segundo Jairo J. da Silva, embora Frege concordasse com Kant quanto ao caráter sintético da geometria, divergia desse quanto à aritmética, creditando a essa um caráter analítico; mas vale lembrar que fez isso adotando um sentido de analiticidade diferente do kantiano. Ser analítica, para Frege, significava que a aritmética poderia ser reduzida por inteiro à lógica; na verdade, ela nada mais seria que pura lógica. Proposições são analíticas ou não em função de suas demonstrações, seus fundamentos, não em função das relações entre seus conteúdos. Desse modo, se uma demonstração possível de uma proposição envolve apenas leis lógicas gerais e definições, então essa proposição é analítica (SILVA, 2007, p. 126-27).

Para sustentar suas idéias e garantir o caráter objetivo da aritmética, Frege empregou uma luta intelectual contra seus adversários, destacadamente os empiristas – dentre os quais se destaca John Stuart Mill –, que sustentavam que as verdades aritméticas eram apenas generalizações da experiência, conduzidas pela indução, e os psicologistas – em especial Edmund Husserl – que sustentavam que os números eram entidades mentais e as verdades aritméticas dependiam de leis empíricas que regulavam os processos mentais (*ibid*.).

O papel do filósofo, segundo Frege, era investigar o pensamento (*Gedanke*), caracterizando-se esse como o conteúdo objetivo de uma proposição, que é intemporal e, portanto, não psicológico e subjetivo. São os pensamentos (conteúdos de proposições) que são os portadores de verdade, isto é, são eles que podem ser verdadeiros ou falsos. Como escreveu Claudio Costa, referindo-se a Frege:

> Quando dizemos que algo é verdadeiro ou falso, referimo-nos primariamente não à frase ou à sua referência, mas ao seu sentido, ao pensamento por ela expresso. Assim, no caso de estar chovendo, as frases "*It is raining*", "*Es regnet*" e "*Il pleut*" são todas verdadeiras, embora elas sejam muito diferentes, e isso é assim porque o pensamento por elas expresso, o portador de verdade, é o mesmo (COSTA, 2008, p. 14).

Desse modo, o pensamento seria algo impessoal; sentenças da matemática, como "2 + 3 = 5", poderiam ser aprendidas no momento em que se reconhecesse o pensamento que elas expressam, não se fazendo necessário saber quem a proferiu nem em quais circunstâncias. Na aritmética, não deveríamos nos preocupar com objetos que chegamos a conhecer de fora, como se fossem coisas alheias à razão, mas com aqueles que se apresentam diretamente à razão e que, justamente por se assemelharem a ela, são completamente claros. Para o matemático e filósofo alemão, números não são atributos de coleções, mas sim de *conceitos*; números são, na verdade, *objetos lógicos*. A lógica diz respeito às leis do pensamento em um sentido normativo e não psicológico, subjetivo. As leis da lógica são as leis mais gerais do pensamento e não parte de uma ciência específica.

De acordo com Silva, o passo seguinte de Frege foi mostrar como esses objetos se diferenciavam dos demais, ou seja, qual a diferença entre o número quatro e Júlio César, por exemplo? Como podemos saber que o objeto (pessoa) César não é um número? A proposta de Frege foi definir número *explicitamente*. Dessa maneira, poderíamos saber precisamente o que são números e o que não são. Sendo os números objetos, existindo independentemente de nós, são eles consequentemente *objetivos*, porém, Frege aparentemente relutou em afirmar que eram "reais" no sentido de serem ou físicos ou mentais, o que aparentemente sugeriria um “terceiro domínio”. Esse ponto, no entanto, pode gerar confusões se recordamos que Frege é geralmente considerado um realista em aritmética. Não vou fazer aqui exegese dos textos fregeanos[112], mas vale a pena pelo menos indicar o rumo da – suposta – problemática. Ela foi bem resumida no texto de Karen Naidon, Discussões sobre o suposto platonismo fregeano, no qual me baseio. O problema estaria em considerar o realismo de Frege como apenas elucidativo e não teórico, como o propõe a interpretação que poderíamos chamar de “padrão”. Consideremos, por exemplo, alguns trechos de Frege:

> Além do próprio mundo interior, deveríamos distinguir entre o mundo exterior propriamente dito, construído de coisas sensoriamente perceptíveis, e o domínio do que não pode ser percebido pelos sentidos. Para o reconhecimento de ambos os domínios precisaríamos de algo não sensível (FREGE, 2002, p. 36).

O trecho acima parece sugerir que Frege admite um “terceiro domínio”, distinto do interior (pessoal), e do exterior (sensoriamente perceptível). A citação a seguir, porém, talvez seja uma das fomentadoras da confusão:

> Certamente, o pensamento não é algo que se chame habitualmente de real [*Wirklich*]. O mundo do real é um mundo onde uma coisa age sobre outra, transformando-a e, por sua vez, experimentando ela própria uma reação que a transforma. Tudo isso ocorre no tempo. Dificilmente reconhecemos como real o que é intemporal e imutável. É, pois, o pensamento mutável ou é intemporal? O pensamento que enunciamos no teorema de Pitágoras é certamente intemporal, eterno, imutável (*ibid*.).

Pois bem, o problema parece mesmo girar em torno da palavra alemã ‘*wirklich*’, geralmente traduzida para o português como ‘real’. Como Frege afirma na citação que o pensamento não é algo que habitualmente

---

[112] Não o farei por dois motivos principais: primeiro, falta-me conhecimento detalhado do pensamento de Frege; segundo, mesmo que o tivesse, creio que esse tipo de discussão é interminável e acaba por afastar-nos dos próprios ideais objetivistas de Frege.

chamamos de real, isso levou alguns intérpretes à conclusão de que ele não poderia ser visto como um platônico. Essa seria a opinião, por exemplo, de Hans Sluga, Thomas Ricketts, Joan Weiner e Wolfgang Carl, como aponta Naidon em seu artigo. Para ela, esses pensadores tentam sustentar que Frege nunca manteve uma postura metafísica, o que seria incompatível com sua lógica, mantendo, nesse campo, uma neutralidade ontológica; quando Frege fala em "objetividade", deveríamos entender, de acordo com esses pensadores, "intersubjetividade", o que caracterizaria a postura do matemático e filósofo alemão como epistemológica e não metafísica. Michael Dummett e Tyler Burge, por outro lado, tentam defender a interpretação metafísica "padrão" dos textos de Frege (NAIDON, 2008).

Bem, disse acima que não faria exegese de Frege, portanto, encerro o assunto dizendo que, para mim, trata-se de uma questão muito mais terminológica que metafísica. Penso que Frege apenas preferiu reservar a palavra '*wirklich*' para objetos sensíveis, causalmente efetivos, mas isso não implica que ele não quisesse atribuir aos pensamentos algum tipo de "realidade", num sentido mais amplo, pois, consideremos:

> Mas, que valor poderia ter para nós o eternamente imutável, que não pudesse sofrer efeitos (*Wirkungen*) nem ter efeitos sobre nós? Algo que fosse totalmente e sob todos os aspectos ineficaz (*Unwirksames*) seria, também, totalmente irreal (*Unwirklich*) e inacessível para nós. [...] Mas temos a tendência a distinguir entre as propriedades essenciais e não-essenciais, e a reconhecer como intemporal algo cujas mudanças que sofre só afetam suas propriedades não-essenciais. Uma propriedade do pensamento será chamada não-essencial se consiste no, ou decorre do, fato de ser tal pensamento apreendido por um ser pensante. [...] *Os pensamentos não são, de modo algum irreais, mas sua realidade é de uma natureza totalmente diferente daquela das coisas* [sensíveis]. E sua eficácia surge pela ação daquele que os pensa, sem o que seriam totalmente ineficazes, pelo menos tanto quanto devemos ver. Contudo, quem os pensa não os cria, mas deve tomá-los tais como eles são. Podem ser verdadeiros sem ser apreendidos por alguém que pense e, mesmo assim, não são inteiramente

> irreais, ao menos podem ser apreendidos e, assim, postos em ação (FREGE, 2002, p. 37-39; itálicos meus).

Se o longo trecho acima não sugere uma metafísica, não sei mais o que o poderia sugerir. Penso inevitavelmente na distinção muitas vezes feita por Platão entre existir e ter "ser" que vimos acima. O gato sensível existe, a idéia gato tem "ser"; um objeto triangular existe, a idéia triângulo tem "ser" etc.

Para finalmente encerrar meu breve comentário sobre o realismo matemático de Frege, lembro que ele acreditava, como bem aponta Silva, que os números não tinham uma existência "isolada", no sentido de existirem independentemente de quaisquer contextos. Os números existem apenas no contexto da aritmética, nosso acesso a eles é mediado por essa ciência, que é objetiva. O princípio que rege essa idéia, chamado de *princípio do contexto*, assevera que nunca devemos perguntar pelo significado de um termo isoladamente, apenas em proposições os termos têm significado (*op. cit.*, p. 130-31).

Gödel foi outro pensador que defendeu uma forma de platonismo. Segundo ele, seus próprios teoremas sobre a incompletude contam a favor do realismo matemático:

> […] a segunda alternativa, em que existem proposições matemáticas absolutamente indecidíveis, parece refutar a concepção de que a matemática (em qualquer sentido) é apenas fruto de nossa criação. O criador conhece necessariamente todas as propriedades de suas criações, pois elas não podem ter mais propriedades do que aquelas que ele lhes deu. Assim, esta alternativa parece implicar que os objetos e os fatos matemáticos, ou ao menos *algo* neles, existem objetiva e independentemente de nossos atos mentais e decisões, isto é, supõe alguma forma de platonismo ou "realismo" com respeito a objetos matemáticos. A interpretação empírica da matemática, isto é, a concepção que os fatos matemáticos constituem um tipo especial de fatos físicos ou psicológicos é muito absurda para ser mantida (GÖDEL, 2005, p. 14).

E ainda com respeito à visão realista da matemática, Gödel se expressa dizendo que

> Não existe nenhum termo geral o suficiente para expressar exatamente a conclusão tirada aqui, que diz apenas que os objetos e teoremas da matemática são tão objetivos e independentes de nossa livre escolha e de nossos atos criativos como o é o mundo físico (*op. cit.*: NG17).

Segundo Gödel, esta conclusão, porém, não determina de modo algum o que sejam tais entidades matemáticas objetivas, ou seja, não diz se elas se localizam na natureza, na mente humana ou em nenhuma das duas. Essas três alternativas são caracterizadas, respectivamente, como aponta Gödel, pelo psicologismo, conceitualismo aristotélico e platonismo. Dizer que as entidades matemáticas são tão objetivas quanto as entidade físicas não significa, portanto, que elas tenham a mesma natureza dessas últimas. Essas entidades, segundo Gödel, devem ser totalmente distintas, por três motivos, pelo menos: 1) as proposições matemáticas não se referem ao mundo espaço-temporal; 2) os objetos matemáticos são conhecidos com precisão, obedecem, sem exceção, regras gerais através de inferências dedutivas, e não indutivas como no caso dos objetos físicos; e 3) podem ser conhecidos sem recorrer-se aos sentidos – tanto externos quanto internos –, apenas usando-se a razão, que nos informa sobre possibilidades e impossibilidades (*op. cit.*: NG18).

Por outro lado, alguém poderia argumentar que a matemática nasce de nossa livre criação, mas que há ignorância em relação a alguns objetos matemáticos devido à falta de uma consciência plena do que foi criado, devida, por exemplo, à dificuldade prática de cálculos muito complicados. Neste caso, seria possível, senão na prática, pelo menos em princípio, que um dia alcançássemos a plenitude exigida. Gödel refuta essa objeção dizendo que "[...] os desenvolvimentos modernos nos fundamentos da matemática alcançaram um grau insuperável de exatidão, e ainda assim não serviram para ajudar nas soluções dos problemas da matemática." (GÖDEL, 2005, p. 17)

Gödel argumenta também que a atividade do matemático mostra muito pouco sobre sua pretensa liberdade enquanto criador. Se os axiomas dos números inteiros, por exemplo, fossem livres invenções do matemático, então deveríamos admitir que uma vez imaginadas as primeiras propriedades desses objetos, seu poder criativo tenha cessado, não estando à vontade para criar também a validade dos teoremas que decorrem dessas propriedades. Se de fato existe criação em matemática, então cada teorema conta como uma restrição à liberdade de criação. Mas se os teoremas restringem a liberdade de criação, então deveríamos concluir que eles existem independentemente do criador (*ibid*.).

A conclusão a que Gödel chega partindo desses e de outros argumentos é a de que

> [...] a concepção platônica é a única sustentável. Com isso me refiro à concepção de que a matemática descreve uma realidade não sensível, que existe independentemente tanto dos atos como das disposições da mente humana, e que é percebida apenas por ela, ainda que provavelmente de forma incompleta (GÖDEL, 2005, p. 26).

Como observa Leon Horsten, Gödel acreditava que havia uma "intuição matemática", análoga à percepção dos objetos físicos, que nos permitiria contemplar os objetos matemáticos. Da mesma forma que a percepção dos objetos físicos pode ser falha e passível de correção, a intuição matemática não está isenta de equívocos – a exemplo da famosa Lei Básica V, de Frege –, podendo ser ajustada e melhorada (HORSTEN, 2007).

Nossa intuição matemática providenciaria evidência empírica para os princípios matemáticos. Para Gödel, em princípio, todo nosso conhecimento matemático poderia ser deduzido dos axiomas da teoria de conjuntos Zermelo-Fraenkel com o Axioma da Escolha (ZFC), dos quais temos evidência intrínseca suficiente para suas verdades. Gödel admite, todavia, que a intuição matemática pode não ser suficiente para fornecer evidências para axiomas que estiverem fora de ZFC (*ibid*.). Nesta passagem, citada por Benacerraf em seu artigo *Mathematical Truth*, Gödel reforça que

> [...] os objetos da teoria de conjuntos transfinita [...] claramente não pertencem ao mundo físico, e mesmo sua conexão indireta como a experiência física é muito fugidia [...] Mas, apesar de seu afastamento da experiência sensível, temos uma percepção também dos objetos da teoria de conjuntos, como se pode ver pelo fato de que os axiomas nos forçam aceitá-los como verdadeiros. Não vejo razão porque devemos ter menos

> confiança nessa espécie de percepção, isto é, na intuição matemática, que na percepção sensível, que nos induz a construir teorias físicas e a esperar que futuras sensações sensíveis concordem com elas e, entretanto, a crer que questões não decidíveis no momento tenham significado e possam ser decididas no futuro (GÖDEL, 1964 apud BENACERRAF; PUTNAM, 1983, p. 483-4).

Em relação às ideias de Gödel expostas acima, Benacerraf manifestou-se dizendo que esse panorama é

> [...] tanto animador quanto preocupante. O que encontro de preocupante é que sem uma explicação de *como* os axiomas "nos forçam a aceitá-los como verdadeiros" a analogia com a percepção sensorial e a ciência física fica sem conteúdo. Pois o que falta é o que exige *precisamente* meu segundo princípio: uma explicação da ligação entre nossas faculdades cognitivas e os objetos conhecidos. Na ciência física temos pelo menos um princípio dessa explicação, e ele é causal (BENACERRAF, 1973: 415).

Lembro que esse será um dos fundamentos do dilema de Benacerraf, levantado contra a visão platônica. Das premissas 1) todo conhecimento tem caráter causal; 2) os objetos da matemática, na visão platônica – chamada por Benacerraf de "padrão" – são abstratos e, portanto, causalmente inertes; conclui-se 3) não é possível, na visão platônica, conhecimento matemático; 4) mas, segundo Benacerraf, temos conhecimento matemático; portanto, 5) o platonismo é falso.

Segundo Benacerraf, a analogia que Gödel faz entre intuição matemática e percepção sensível é bastante superficial, pois Gödel diz que "verificamos" certos axiomas deduzindo deles consequências sobre áreas onde temos uma "percepção" mais direta. Para Benacerraf, Gödel, todavia, nunca nos diz como conhecemos essas proposições mais claras (*op. cit.*, p. 416). Faltaria a Gödel uma explicação adequada de como a intuição matemática de fato faz a ligação entre o objeto conhecido e o sujeito cognoscente. Desse modo, a crítica empreendida por Benacerraf aos platônicos em geral aplicar-se-ia também a Gödel.

4.3.3 Antirrealismos

Considerações semelhantes às de Benacerraf e Field, que negam o caráter abstrato das entidades matemáticas, são comuns não apenas no ataque que eles fazem ao platonismo, mas caracterizam as teorias antirrealistas em geral, em especial as de cunho nominalista.

Um nominalista em aritmética, por exemplo, sustentará que ‘7 é um número primo’ é uma proposição composta por entidades linguísticas, “nomes”, ou mesmo entidades físicas (numerais, por exemplo): ‘sete’, a cópula lógica ‘é’, ‘número’ e ‘ser primo’, todos eles dependentes dos sujeitos que proferem a proposição ou a enunciam, das suas mentes, das suas linguagens etc.; eles não têm qualquer tipo de realidade objetiva. Os nominalistas afirmam que não existem quaisquer entidades abstratas, como as da matemática. O papel do matemático não é o de fazer descobertas, mas criações, construções ou convenções.

Os conceitualistas – também esses antirrealistas –, por outro lado, dizem que as entidades matemáticas, embora sejam entidades abstratas reais, não têm qualquer realidade além da que lhes confere nosso pensamento, são elas criações da mente. Immanuel Kant foi o mais ilustre representante da corrente conceitualista em matemática. Disse ele – destacadamente na *Crítica da Razão Pura* – que a aritmética e a geometria euclidiana eram, ao mesmo tempo, *a priori* e sintéticas. Kant teria tecido argumentos mais sólidos em relação à filosofia da geometria do que da aritmética; mesmo assim, o que disse sobre essa foi bastante impactante. Para ele, nosso conhecimento dos números está fundamentado numa consciência do tempo, concebida como “forma pura da intuição”, e numa consciência que o espírito possui de sua própria capacidade de fazer repetições seguidamente, o que podemos chamar de “o ato de contar”. Com essas ideias, Kant exercerá forte influência numa escola matemática e filosófica bastante importante no século XX, o intuicionismo.

Talvez a postura antirrealista em matemática mais bem articulada seja, de fato, o intuicionismo, um tipo de filosofia construtivista.[113] Ao contrário do realismo, onde as verdades matemáticas são descobertas, o intuicionismo defenderá que elas são criadas ou *construídas* (edificadas) pela mente humana, que toma como base para isso a *intuição racional* (não mística), donde deriva o nome da escola. Assim como a

---

[113] O conceitualismo, o nominalismo e o predicativismo também são considerados “construtivismos” em filosofia da matemática.

aritmetização da análise acabou por inspirar o programa logicista na busca por reduzir a aritmética à lógica matemática (clássica), essa também levou aos ideais intuicionistas. Os intuicionistas, todavia, substituirão o papel da lógica – no programa logicista – pelo da intuição humana: é no interior da consciência humana e suas vivências que os números naturais se constituem e suas verdades se fundamentam (SILVA, 2007, p. 145). Como aponta Silva, há diversos tipos de intuicionismo; para citar apenas dois: há aquele que enfatiza o aspecto ontológico, que sustenta que existência, em matemática, significa aquilo que pode ser construído e que, por contraposição, o que não pode ser construído não existe; existe também a versão epistemológica, que diz que nenhum enunciado é verdadeiro a menos que se tenha uma evidência manifesta disso. Esses dois tipos implicam num antirrealismo matemático, eles não aceitam que os objetos matemáticos existam "em si", nem que verdades sobre eles possam existir sem uma verificação efetiva (*op. cit.*, p. 146-47).

Segundo Silva, Kant foi o primeiro grande filósofo a ter uma posição construtivista ao exigir que os enunciados geométricos e aritméticos verdadeiros fossem intuitivamente justificados, demonstrados por meio de construções intuitivas. Os conceitos geométricos e numéricos contidos nesses enunciados deveriam ser construídos *a priori* pela intuição pura. Com isso, Kant baniu da matemática tudo o que não poderia ser atual ou potencialmente construído, como a raiz quadrada de números negativos; considerava ele que os números imaginários eram absurdos, e deveriam ser classificados como pseudonúmeros. Sua filosofia da matemática, no entanto, só ganharia desenvolvimentos mais profundos no início do século XX, com o surgimento do intuicionismo, como vimos acima, fortemente inspirado pela filosofia do pensador alemão (*op. cit.*, p. 143). No que segue, apresentarei mais algumas idéias gerais dessa posição filosófica e matemática.[114]

O intuicionismo foi defendido energicamente pelo matemático holandês Luitzen Egbertus Jan Brouwer – principalmente na década de 1920 –, mas suas origens remontam ao matemático alemão Leopold Kronecker. Como observa Newton da Costa, Kronecker foi um crítico ferrenho do infinito atual; por exemplo, o conjunto infinito dos números 0, 1, 2, 3, ... não deveria ser concebido, segundo ele, como algo

[114] Para uma visão mais detalhada e indicações de referências bibliográficas adequadas sobre as teorias construtivistas em geral e sobre o intuicionismo em particular, sugiro SILVA, 2007, § 4.

realizado, completamente dado. O máximo que podemos obter é um número desejado qualquer, adicionando-se uma unidade a cada número dado para se obter o seguinte, ou seja, *construindo* cada um deles, mas jamais poderemos construir *todos* eles. Assim, o conceito de infinito deveria ser considerado apenas potencial, nunca atual (da COSTA, 2008, p. 33).

Não só o infinito atual era rejeitado por Kronecker, mas também as demonstrações indiretas, onde, ao tentarmos demonstrar que um *x* "existe", iniciamos por considerar a hipótese de que não existe, e tentamos derivar disso uma contradição, o que nos levaria a concluir que ele de fato existe. Como, nesse tipo de demonstração, não construímos *x*, Kronecker também a considerou com ilícita. Consequentemente, o princípio do terceiro excluído, fundamental nesse tipo de demonstração, também foi rejeitado por ele. As idéias de Kronecker, embora seguidas de modo menos radical por alguns matemáticos e filósofos do início século XX, destacadamente Henri Poincaré, Félix Émile Borel, René-Louis Baire e Henri Lebesgue, só ganhou estatuto de "escola" em filosofia da matemática com Brouwer, que a batizou de intuicionismo ou neo-intuicionismo (*op. cit.*, p. 34-35).

Segundo da Costa, Brouwer insistiu que a matemática não era composta de verdades eternas, imutáveis, que se referiam a objetos intemporais, metafísicos, que se aproximam das ideias platônicas. Pare ele, a matemática é uma atividade sociobiológica que se destina a satisfazer certas exigências vitais dos serem humanos (*op. cit.*, p. 36). O lógico e matemático holandês Arend Heyting manifestou-se nos seguintes termos:

> O elemento mais importante dessa atividade é o de *isolar* um objeto ou complexo de sensações, o que conduz à noção de entidade matemática; em seguida, a possibilidade de repetição indefinida deste ato de criação duma entidade, leva-nos ao conceito de número natural. Deste ponto de vista, nós não somos forçados a atribuir aos números existência independente do espírito que os criou. O matemático intuicionista, enquanto matemático, não se oporá a qualquer filosofia que sustente que o espírito humano, em sua atividade criadora, reproduza os seres de um mundo transcendente, mas considerará semelhante doutrina como demasiadamente especulativa para servir de

> fundamento às matemáticas puras (HEYTING, apud da COSTA, 2008, p. 36-37).

Heyting, por sua vez, foi um dos responsáveis pela formalização da lógica intuicionista, cujas idéias básicas já tinham sido sugeridas por Brouwer.[115] Brouwer acreditava que a lógica (matemática) clássica havia sido concebida partindo-se do quotidiano, onde se encontram apenas conjuntos finitos. Como a matemática lida constantemente com conjuntos infinitos – para os intuicionistas todos *potenciais* –, fazia-se necessária uma revisão da lógica até então utilizada para erigir a matemática, e foi exatamente essa a proposta de Heyting ao formalizar a lógica intuicionista.

Do mesmo modo que Kronecker, Heyting rejeitará o uso irrestrito do princípio do terceiro excluído, o famoso *tertium non datur*, considerado como um dos pilares da lógica clássica. Além do terceiro excluído, a lógica intuicionista também apresenta objeções ao uso irrestrito de outros artifícios da lógica clássica, como a lei da dupla negação e a redução ao absurdo. Diferentemente do logicismo, Heyting sustenta que a matemática não se fundamenta na lógica, mas o contrário, a matemática é que serve de fundamento para ela, pois já necessitamos de uma matemática para dizermos que, por exemplo, entre *duas* proposições, dentre as quais uma é a negação da outra, apenas *uma* é verdadeira. Essa lei lógica seria incompreensível se já não tivéssemos as noções dos números um e dois.

É claro que o intuicionismo também enfrenta dificuldades, menciono três delas. Primeiro, a rejeição das chamadas definições impredicativas, onde a definição de um objeto já pressupõe de algum modo a existência desse mesmo objeto, e que são utilizadas com certa frequência na matemática clássica, acaba por eliminar importantes áreas dessa disciplina[116]; devemos nos perguntar, portanto, se tal perda traz mais vantagens que desvantagens.[117]

---

[115] Como lembra Silva, Heyting não foi o primeiro a criar um sistema de lógica intuicionista. O matemático russo Andrei Kolmogorov havia proposto, cinco anos antes, uma formalização da lógica e aritmética intuicionistas (SILVA, 2007, p. 152). Não tratarei aqui da lógica e matemática intuicionistas, o leitor interessado pode consultar SILVA, *op. cit.*, § 4 e da COSTA, 2008, § 2, onde há bastante indicação bibliográfica.

[116] Muitos, entre eles Poincaré, dirão que as definições impredicativas são as grandes responsáveis pelos paradoxos nos fundamentos da matemática.

[117] Segundo Silva, "os construtivistas não se importam muito com isso, pois, para eles, não se pode perder o que não se tem. A rarefação dos domínios matemáticos promovida por construtivistas de diferentes persuasões consiste, segundo eles, simplesmente na eliminação de

Segundo, o problema acima nos leva a seguinte questão: qual o papel da filosofia da matemática? Serve ela apenas como uma reflexão conceitual e descritiva sobre a atividade matemática, feita por matemáticos profissionais que na sua grande maioria pouco ou nada estão preocupados com questões filosóficas, ou deveria a filosofia da matemática ser normativa, no sentido de que os matemáticos profissionais deveriam necessariamente levar em conta questões de fundamentos para elaborar suas teorias e provar seus teoremas, isto é, a filosofia é que deveria ditar a prática matemática? Certamente, Kant e os intuicionistas em geral são a favor da segunda opção. Seria desnecessário dizer que a grande maioria dos matemáticos profissionais, todavia, não aceita essa posição e continua a elaborar teorias e provar teoremas independentemente de posições filosóficas acerca de sua prática.

Terceiro, os intuicionistas rejeitam o axioma da escolha, do qual dependem muitas áreas da matemática. Em uma de suas formulações, esse axioma diz que podemos selecionar (escolher) um elemento de cada subconjunto de um conjunto dado e formar com eles um conjunto escolha. O problema com esse axioma, aos olhos dos intuicionistas, é que ele não fornece a maneira *como* essa escolha é feita, isto é, em princípio não há uma maneira construtiva de fazê-lo. Mais uma vez, o intuicionismo implicaria no abandono de áreas importantes da matemática, o que para muitos só poderia ser justificado se essa posição filosófica apresentasse grandes vantagens para que isso fosse efetivamente realizado, e quanto a isso há sérias contestações[118].

Outra teoria antirrealista em matemática que vale a pena ser mencionada – e aqui me comprometo a fazer apenas isso – é o nominalismo/predicativismo de Poincaré. A ênfase de Poincaré se dá na noção de *definição* matemática. Para que um objeto (matemático) exista, segundo ele, é necessário que ele seja *definido*. Essa definição, porém, deve seguir dois critérios. Primeiro, ela deve ser *predicativa* – donde o nome predicativismo –, ou seja, definições que envolvam alguma forma de círculo vicioso devem ser rejeitadas; para Poincaré, definições impredicativas são destituídas de significado. Segundo, ela deve ser *consistente* com a teoria onde aparece. Este último critério se coaduna

---

fantasmas, não entidades que não deveriam estar ali para começo de conversa." (SILVA, *op. cit.*, p. 178)

[118] Essas críticas, entre outras, são questionadas por teorias intuicionistas atuais. Dummett, por exemplo, desenvolveu uma teoria do significado que pretende justificar a lógica intuicionista. Sobre a teoria de Dummett e referências, ver SILVA, *op. cit.*, p.158-166.

com a célebre definição de existência de objetos matemáticos dada pelo pensador francês: existir em matemática significa estar livre de contradições. Assim, uma definição matemática define um termo ou uma palavra, não se referindo necessariamente a um *objeto matemático*, donde seu nominalismo. Desse modo, Poincaré encara a matemática como uma linguagem que usamos para descrever nossa experiência, tanto de intuições fundamentais quanto de convenientes (SILVA, 2007, p. 167, 173). Mas se de fato as coisas funcionam dessa maneira, por que os matemáticos, na sua total liberdade criacionista – a menos do quesito de consistência –, criam determinados termos em vez de outros? Segundo Poincaré, os termos matemáticos são fruto de definições que, em último caso, não passam de uma *façon de parler*. Mas, dependendo do caso, há modos de se falar mais úteis que outros, e muito do que se cria em matemática é para suprir a demanda da resolução de problemas que surgem no âmbito dessa disciplina. A filosofia da matemática do pensador francês, de caráter acentuadamente linguístico, fica assim caracterizada por um misto de convencionalismo e pragmatismo (*op. cit.*, p. 179).

Mencionei acima que as definições impredicativas são utilizadas com certa frequência pelos matemáticos profissionais. Isso, como já ficou claro, traz aborrecimentos e/ou objeções aos construtivistas, mas para um realista esse tipo de definição não representa problemas. Tomemos o caso de Gödel, com sua visão platônica. Ele acreditava, diferentemente de Poincaré, que as definições apenas *caracterizam* objetos, não os criam. Assim, não há problemas em usar um objeto matemático para defini-lo, do mesmo modo que não há problema algum em definir o jogador mais alto de um time de basquete, por exemplo, como sendo aquele cujos colegas do time não o conseguem superar em altura. Já que o objeto não é criado pela definição – ele já existe previamente a ela –, não haveria qualquer dificuldade nas definições impredicativas (*ibid.*).

4.3.4 Um balanço geral do realismo e antirrealismo em filosofia da matemática

Existem muitas outras teorias realistas e antirrealistas em filosofia da matemática além das poucas mencionadas acima. Já havia precavido o leitor que não tinha como objetivo apresentar todas, e muito menos fazer uma análise detalhadas delas. Minha intenção ao acrescentá-las nesta tese é a de fornecer um arcabouço conceitual que será relevante para a defesa do realismo estrutural ontológico que farei adiante. Desse modo, encerro a seção fazendo um balanço geral das teorias defendidas por ambos os lados.

A questão sobre o realismo matemático pode ser sintetizada assim: os objetos matemáticos preexistem à atividade matemática ou existem apenas em razão dela? Há ao menos três respostas a essa questão. 1) Platão, Frege, Russell (em um certo momento, pelo menos), Gödel e outros defenderam que os objetos matemáticos – números, entidades geométricas e conjuntos, por exemplo – existem independentemente de quaisquer mentes e de suas atividades. É claro que neste caso essas entidades têm um tipo de existência diferente da dos objetos físicos, elas não se situam nem no espaço nem no tempo, são, de alguma forma, "ideais".[119] 2) Kant, os intuicionistas em geral, os predicativistas e quaisquer tipos de construtivistas em geral afirmam que os objetos matemáticos são construções, eles só passam a existir através da atividade humana. 3) Há quem defenda que os objetos matemáticos simplesmente não existem, os termos matemáticos não se referem a nada.

4.4 REALISMO DE PROPRIEDADES E RELAÇÕES

Disse acima que as entidades matemáticas (números, conjuntos etc.) são encaradas pelos platônicos como sendo universais. Isto, porém, não restringe os universais às entidades matemáticas, também as propriedades e relações são vistas como tais. No que segue, apresentarei uma visão geral sobre a disputa dos universais, dando ênfase à discussão filosófica sobre a suposta existência de propriedades e relações.[120]

A questão sobre a existência ou não de universais é uma das mais antigas em filosofia, remontando, pelo menos, a Platão e Aristóteles. A disputa percorreu toda a Idade Média, foi discutida na Idade Moderna e do início da filosofia contemporânea até os dias atuais está em pleno vigor, mostrando que a quantidade de possibilidades de defesa/refutação das teses é quase infinita.

---

[119] Na verdade, há sim quem diga que quando vemos duas galinhas num poleiro estamos vendo *de fato* o número dois.

[120] A disputa sobre os universais é um dos tópicos mais tradicionais e discutidos da filosofia. Abrangê-la com o mínimo de rigor me afastaria do tema desta tese. Penso, entretanto, que, assim como o assunto do realismo em geral, alguns elementos que aqui aparecem serão fundamentais para a compreensão e defesa do realismo estrutural ontológico que farei adiante, o que justifica sua presença.

O cerne da questão é se universais, como propriedades e relações (mas também entidades matemáticas, leis da natureza, proposições, preceitos éticos, mundos possíveis, entidades fictícias etc.[121]) existem independentemente dos seres humanos (particulares, objetos ou substâncias individuais) ou são de alguma forma criações ou partes constituintes das mentes desses.[122] Platão e todos os que afirmaram que propriedades existem objetivamente – no sentido de serem independentes do sujeito (particulares, objetos ou substâncias individuais) – são chamados de *realistas de propriedades*. Por outro lado, os que negam a existência de universais dividem-se, entre outros, em conceitualistas, nominalistas de predicados, nominalistas de classes, nominalistas de semelhança e teóricos de tropos (GARRETT, 2008, p. 49; ARRUDA, 2007).

As discussões entre realistas e nominalistas deram origem ao que passou a ser chamado de problema ou disputa dos universais. Segundo José Maria Arruda, o problema pode ser assim sintetizado:

> O problema dos universais é o nome dado a uma família de problemas metafísicos, epistemológicos, lógicos e semânticos, aparentados entre si, e que vêm inevitavelmente à tona quando nos envolvemos com ontologias ducategoriais [ver abaixo] [...] [n]o centro desse conjunto de problemas estão questões concernentes à natureza da predicação e da concordância predicativa, à existência e identificação de entidades abstratas, à diferença entre palavras indicadoras e predicados e às dificuldades intrínsecas à noção de referência abstrata. Em torno de tais questões, há pouco consenso e os filósofos encontram-se, em regra, divididos entre plantonistas e nominalistas (ARRUDA, 2007, p. 224-5).

Os realistas de propriedades, a exemplo de Platão e Aristóteles, sustentaram que a ontologia de universais repousa sobre a distinção substância-atributo – respectivamente, sujeito-predicado, particular-

---

[121] Em geral, a ontologia platônica é vista como não-finitista. Esse "superpovoamento" ontológico será duramente criticado por muitos nominalistas, de Guilherme de Ockham a Quine.

[122] Daqui para frente, quando falar em universais estarei me referindo especificamente a propriedades ou relações.

universal – e, portanto, estão comprometidos com ambas as categorias do ser. Como vimos na citação de Arruda acima, suas ontologias são "ducategoriais". Já os realistas modernos, como Russell e alguns nominalistas, rejeitam a existência de uma substância particular (GARRETT, 2008, p. 49).

Entre os realistas de propriedades, encontramos ainda outras divergências. Por exemplo, as versões de Platão, Aristóteles e Russell são consideravelmente distintas. É famosa, por exemplo, a tese de Aristóteles que sustenta que os universais existem, mas só temos contato epistêmico com eles através dos particulares que os exemplificam.[123] Russell, como mostrarei mais claramente abaixo, sustentou que não apenas as propriedades são universais, mas também as relações.

Para os realistas, a diferença entre universais e particulares pode ser estabelecida dizendo-se que os universais, ao contrário dos particulares, podem ser predicados de mais de uma coisa[124] e, portanto, estar presentes em mais de dois lugares ao mesmo tempo.[125] Os próprios universais são vistos pela maioria dos filósofos – mas não todos, como mostrarei à frente – como não estando no espaço-tempo, o que lhes conferiria a característica de serem entidades abstratas e não-físicas.[126] Sendo abstratos, os universais não enfrentariam problemas em estarem em dois lugares ao mesmo tempo. Assim, se tenho dois livros com capa branca à minha frente, o fato de ambos terem a capa de cor branca é explicado pelo realista ao afirmar que o branco da capa dos dois livros, que são particulares, só é possível porque existe a "brancura", um universal que instancia os dois simultaneamente. Para os realistas, portanto, universais e particulares são categorias ontológicas básicas, mutuamente exclusivas e conjuntamente exaustivas, ou seja, algo é um particular se e somente se não é um universal (e vice-versa) e, dada

---

[123] Para a crítica que Aristóteles faz ao realismo de Platão, ver, por exemplo, *Metafísica*, 1078b 31.

[124] Em *Da Interpretação*, Aristóteles diz: "[e]ntre as coisas, há as universais e as particulares, e isso em função de ser sua natureza tal que possam ser (as universais) ou não ser (as particulares) predicados de muitos sujeitos; das universais é exemplo homem, e das particulares, Calias" (ARISTÓTELES, VII, 17a38).

[125] Isso se os objetos instanciados estiverem no espaço-tempo, é claro.

[126] Desse modo, similarmente às entidades matemáticas, universais como propriedades e relação seriam – para muitos – causalmente inertes. Arruda observa, entretanto, que muitas passagens de Platão dão a entender que os universais têm sim poder causal (*op.cit.*: 224, nota 4). Além disso, segundo Arruda, nem todo realismo postula entidades abstratas. Segundo ele, Dummett sustentou que sentenças éticas e sentenças sobre o futuro, por exemplo, não envolvem entidades abstratas (ARRUDA, 2007, p. 227, nota 14).

alguma coisa, ou ela é um universal ou é um particular (ARRUDA, *op. cit.*).

Entre as motivações de quem defende o realismo de propriedades estão as reflexões sobre o significado dos termos gerais. De acordo com a teoria referencial do significado, nomes próprios comuns, como "Napoleão", "Marte" e "Londres", por exemplo, têm como significado o general francês Napoleão, o planeta Marte e a cidade Londres, respectivamente. Mas e quanto a termos como "homem", "planeta" e "cidade"? Quais as referências desses termos? Para os realistas platônicos, nada semelhante a particulares. As referências desses termos gerais são, portanto, os universais humanidade, planetário e urbanidade, todos eles existentes ou tendo "ser" (GARRETT, 2008, p. 52).[127]

Como aponta Garrett, as críticas a essa visão são muitas, por exemplo, pode-se criticar a necessidade de postular-se um universal para os termos gerais; "cidade" pode referir-se a cada cidade em particular, não necessitando de um universal; em segundo lugar, pode-se criticar a teoria referencial do significado como um todo, pois aparentemente "Saci" e "Afrodite" podem ser significativos sem possuir uma referência (*op. cit.*, p. 53).[128]

Como já foi mencionado, Platão e Aristóteles divergem quanto à natureza dos universais. Platão acreditava que os universais são transcendentes, existindo fora do espaço e do tempo. Como, de acordo com a teoria de Platão, os universais existem independentemente dos particulares sensíveis, podem existir universais que não possuem qualquer instanciação nesses.[129] Aristóteles contestava essa possibilidade. Para ele, como vimos, os universais estão nos particulares, não podendo existir universais não instanciados. Como coloca Garrett, a inspiração para essa visão de Aristóteles sobre os universais partiu não da matemática, mas da biologia. Segundo ele, se não faz sentido pensarmos que existem ou existiram espécies sem quaisquer membros, então parece que também não faz sentido dizer que existem universais sem quaisquer instanciações (*op.cit.*, p. 50-1).

---

[127] Lembrando que as supostas diferenças entre "existir" e ter "ser" foram discutidas acima.

[128] Discussões detalhadas sobre isso já partiriam para a filosofia da linguagem, que não pretendo abordar aqui.

[129] Como vimos acima, as formas geométricas ideais foram de grande inspiração para a elaboração da teoria das formas de Platão. Já que um triângulo sensível nunca terá exatamente as mesmas propriedades que os triângulos ideais têm, esses últimos devem existir para justificar a veracidade dos axiomas da geometria. Além disso, está claro – pelo menos para alguns platônicos – que a "triangularidade" é um universal, pois instancia diversos particulares (coisas triangulares).

Segundo Garrett, outro argumento utilizado pelos realistas e que lhes traz dificuldades é aquele que sustenta que quando temos diante de nós, por exemplo, duas bolas de bilhar com exatamente a *mesma* cor, vermelha, digamos, isso só é possível porque a "vermelhidão" é um universal único que pode instanciar dois objetos ao mesmo tempo, o que já sabemos que não pode ocorrer com substâncias particulares. O problema com esse argumento é que ele entende "mesmo" como representando identidade numérica restrita, mas nem sempre esse é o caso. Consideremos, por exemplo, a proposição "ele tem os mesmo olhos que seu pai". Neste caso, "mesmo" representa identidade qualitativa, não numérica. Essa observação traz problemas para o defensor do argumento acima já que a similaridade entre as cores das bolas não confere que exista uma única entidade numericamente idêntica, mas no máximo, talvez, qualitativamente idêntica (*op. cit.*, p. 53).[130]

Outro problema que atinge o realismo de propriedades gira em torno da noção de "instanciação". É ela uma relação? É uma noção primitiva e não-analisável? Como um universal de primeira ordem, como "vermelhidão", instancia um de segunda ordem, "cor"?[131] A necessidade de múltiplas instanciações não leva a um regresso infinito? Como observa Garrett, o seguinte argumento – que se assemelha ao famoso argumento do terceiro homem de Aristóteles – mostra que a noção de instanciação leva a um regresso ao infinito:[132]

> Onde A e B têm algum atributo em comum (digamos, ambos são F), o realista postula o universal (F-idade) que ambos instanciam. Mas então os fatos ou estados de coisas das instanciações de F-idade por A e B têm um atributo comum (ambos são casos de instanciação); assim, devemos postular um [outro] universal (Instanciação) que ambos os estados de

[130] Mesmo assim, parece difícil estabelecer a identidade qualitativa, no sentido de as cores serem *exatamente* idênticas, e não apenas muito similares.

[131] Não apenas coisas têm propriedades, mas propriedades, por sua vez, também têm propriedades. Por exemplo, em "a bola de bilhar é vermelha", "vermelho" é a propriedade da coisa "bola de bilhar"; mas em "o vermelho é uma cor", "cor" é uma propriedade da propriedade "vermelho". Dizemos, neste caso, que "cor" é uma propriedade de segunda ordem. Vale ainda observar que não só as propriedades possuem uma hierarquia, mas também as relações.

[132] Esse argumento já havia sido antecipado pelo próprio Platão, no *Parmênides*.

> coisas instanciam [...] [e] assim por diante (GARRETT, p. 55).

Até agora, os universais foram encarados como instanciando substâncias particulares, sendo essas de categoria diferente da dos universais. Essa visão gera as críticas apresentadas acima, entre muitas outras. Há quem defenda, no entanto, que os objetos comuns não são substâncias instanciadas por propriedades, mas são apenas feixes (*bundles*) de propriedades. Segundo essa visão, se retirarmos todas as propriedades de uma suposta substância, não sobra nenhum tipo de substrato, um *bare particular* sem propriedades. Se retirarmos a mortalidade, a sabedoria, a altura, a forma, o peso etc. de Sócrates, por exemplo, não restará nenhum Sócrates substancial (IMAGUIRE, 2007, p. 283).

Segundo Garrett, essa visão tem a vantagem de minar muitas das objeções ao realismo de universais que pressupõem substâncias, pois, como vimos, muitas dessas objeções dirigem-se à noção de instanciação, que é eliminada na teoria dos feixes. Um representante dessa concepção – pelo menos em um momento de sua filosofia – foi Russell. Para ele, uma substância

> [...] não pode ser definida, reconhecida ou conhecida; ela é algo que serve ao propósito meramente gramatical de fornecer o sujeito em uma sentença da forma sujeito-predicado tal como "Isto é vermelho". E reconhecer que a gramática determina a nossa metafísica é hoje geralmente reconhecido como perigoso [...] A noção de substância como um bode expiatório para o problema dos predicados é repugnante (RUSSELL, 1948 apud GARRETT, 2007, p. 55).

Mas é claro que a teoria dos feixes também enfrenta dificuldades. Segundo Guido Imaguire, o filósofo D. W. Zimmerman elaborou um argumento contra essa teoria mais ou menos nos seguintes termos: imaginemos um mundo – logicamente possível – onde existem apenas duas esferas idênticas, com o mesmo material, tamanho, cor e forma. Nesse mundo, nem mesmo a posição das duas esferas pode ser indiscernível, já que para isso seria necessário um terceiro objeto. Desse modo, as duas esferas têm de ser consideradas indiscerníveis, já que elas possuem exatamente as mesmas propriedades. O problema surge quando tentamos justificar a existência das duas esferas: como sabemos, de fato, que são *duas*, já que não há uma propriedade que as discerne? (IMAGUIRE, 2007, p. 283).

Outro problema com a teoria dos feixes apontado por Imaguire está na dificuldade em se estabelecer o feixe que adequadamente caracteriza um indivíduo. O conjunto {elefante, metálico, azul}, por exemplo, é um feixe de propriedades, mas não caracteriza nenhum indivíduo. Primeiro, porque, contingentemente, não existe nenhum indivíduo que seja um elefante metálico azul, segundo, mesmo que existisse tal indivíduo, ele não teria apenas essas três propriedades e, portanto, não poderia ser identificado a elas. Para resolver este último problema, seria necessário estabelecer um conjunto maximal de propriedades. Por outro lado, aparentemente, um conjunto maximal de propriedades não precisaria necessariamente constituir um indivíduo (*op. cit*., p. 284).

Desse modo, para explicar a individualidade de um objeto particular, filósofos como Russell e Nelson Goodman introduziram o conceito de "co-presença" ou "co-instanciação". Para que um objeto seja considerado singular é necessário que suas propriedades estejam co-presentes de maneira única, ou seja, o feixe de propriedades que constitui o objeto é único. Isso, portanto, exclui a possibilidade – e Russell estava ciente disso – de existirem dois objetos com exatamente as mesmas propriedades (*ibid*.; GARRETT, 2008, p. 55-6).[133] A teoria de tropos, que veremos logo abaixo, também se utiliza do conceito de feixe. Essa teoria, porém, em vez de falar em "feixe de propriedades", preferirá falar em "feixe de tropos".

A maioria das posições contrárias ao realismo de universais que apresentei acima é de cunho nominalista, e pode assumir diferentes formas: nominalismo semântico, nominalismo de classes, nominalismo de semelhanças, teoria de tropos etc. No que segue, vou apresentar uma caracterização de algumas dessas posições e de possíveis objeções a elas. Não me preocuparei, todavia, em defender ou atacar cada uma delas.

Para o nominalista em geral, os universais são reificações ontológicas de características semânticas da linguagem, que podem ser suprimidas em prol de termos singulares concretos que designam particulares. Muitos dos paradoxos lógico-semânticos seriam consequências de admitir-se, na linguagem, universais que deveriam ser

---

[133] Essa é a chamada teoria do feixe da identidade. Ela se assemelha a chamada Lei de Leibniz, que diz que duas coisas são iguais se e somente se possuem as mesmas propriedades. Vale observar, entretanto, que Leibniz não era adepto da teoria do feixe.

considerados meros *flatus vocis*. Quine, por exemplo, argumenta que quando proferimos uma sentença do tipo “a é F” estamos comprometidos ontologicamente com os objetos referidos por “a”, não com uma suposta entidade universal representada pela “F-idade”. Assim, se dissermos que a sentença “a cor da bola de bilhar é vermelha” é verdadeira, comprometemo-nos apenas com a existência de ao menos uma bola de bilhar vermelha, não com a existência da “vermelhidão”, enquanto universal (QUINE, 1975b; ARRUDA, 2007, p. 239).[134]

O primeiro nominalismo específico que vou considerar é o de classes. Em termos gerais, para o nominalismo de classes, dizer que um objeto é vermelho significa dizer que esse objeto pertence[135] à classe das coisas vermelhas e essa classe, por sua vez, só existe porque existem coisas vermelhas. Essa posição enfrenta algumas dificuldades. Em primeiro lugar, ela parece circular. Segundo Arruda, David Armstrong apontou que o nominalista de classes é levado a afirmar que “ser vermelho” significa pertencer à classe das coisas vermelhas, mas se perguntarmos qual o critério para saber se algo é vermelho, o nominalista teria que responder “o objeto tem que ser vermelho”, o que claramente incorreria numa circularidade (*op. cit.*, p. 240-1). Outra objeção é que, dado qualquer par de objetos, sempre podemos destacar uma classe à qual os dois pertençam. Isso não implica, todavia, que a classe garanta a mesma propriedade. Por exemplo, a classe dos indivíduos vertebrados que possuem coração é a mesma classe dos indivíduos que possuem rins, mas possuir rins e possuir coração são propriedades totalmente distintas. Isso acontece, segundo Arruda, porque intensão e extensão não são separadas (*ibid.*).[136] Outro problema que surge a partir dessa questão concerne aos termos gerais vazios, como “unicórnio” e “dragão”. De acordo com o nominalismo de classes, para que *x* seja um unicórnio, ele deve pertencer à classe dos unicórnios e para que *y* seja um dragão, ele deve pertencer à classe dos dragões. A classe dos unicórnios e a classe dos dragões, entretanto, é a mesma, a classe vazia. Portanto, o nominalista de classes teria que concluir absurdamente que “ser unicórnio” e “ser dragão” são a mesma propriedade (GARRETT, 2008, p. 57-8).

---

[134] Segundo Arruda, Quine mudou sua posição posteriormente, admitindo que o comprometimento ontológico com algumas entidades abstratas é fundamental para a descrição científica do mundo (ARRUDA, 2007, p. 244).

[135] Objeção: a relação “pertencer a” não seria um universal? Como isso poderia ser evitado pelo nominalista de classes?

[136] Em poucas palavras, numa interpretação, diz-se que a intensão de algo é o seu significado, enquanto a extensão é a classe das coisas que tem o mesmo significado.

O último problema apontado acima aparentemente pode ser resolvido pelo nominalismo de semelhanças.[137] Em termos gerais, essa versão do nominalismo sustenta que dois objetos *x* e *y* são semelhantes se estão numa relação de semelhança com um objeto *z*, que funciona como um "paradigma de referência". Assim, duas bolas de bilhar são consideradas vermelhas e pertencem à classe dos objetos vermelhos se se assemelham à cor do objeto-paradigma vermelho. Para Arruda, um dos problemas com esta visão está em estabelecer o critério de escolha do objeto-paradigma, que parece inevitavelmente arbitrário. Além disso, mesmo que houvesse um critério de escolha do paradigma, as relações de semelhança são gradativas, o que conferiria certa vaguidade à relação (*ibid*.). Por fim, Russell fez uma objeção bastante simples e perspicaz ao nominalismo de semelhanças. Para ele, a própria relação de semelhança é um universal. Se formos obrigados a aceitar isso, então não haveria motivos para negarmos a universalidade das propriedades. Como ele coloca em *Os problemas da filosofia*, de acordo com o nominalismo de semelhanças:

> Para evitar os universais *brancura* e *triangularidade*, escolhemos uma mancha particular de branco e um triângulo particular, e dizemos que uma coisa é branca ou um triângulo se tem o gênero correto de semelhança com o particular que escolhemos. Mas então a semelhança escolhida terá de ser um universal. Dado que há muitas coisas brancas, a semelhança tem de existir entre muitos pares de coisas brancas particulares; e isto é a característica de um universal (RUSSELL, 2008, p. 156).

Russell acredita que o grande problema em relação aos universais foi gerado porque os realistas tradicionais – mas também nominalistas como George Berkeley e David Hume –sempre encararam apenas as propriedades, mas não as relações, como universais. Para ele, embora não haja como provar que propriedades existam objetivamente, a prova da existência das relações seria indubitável. No seu exemplo, se digo que Edimburgo está ao norte de Londres, então a relação "ao norte de" existe objetivamente como uma relação espacial, mesmo que seres humanos ou as próprias cidades não existissem, pois o *lugar* aonde se

[137] A teoria dos tropos, como será mostrada abaixo, também oferece uma solução para esse problema.

situa Edimburgo está objetivamente ao norte do *lugar* aonde está Londres (*op. cit.*, p. 157).

Para encerrar a seção, apresentarei a seguir uma forma interessante e radical de nominalismo, denominada teoria de tropos. Segundo Garrett, o criador dessa teoria teria sido o filósofo e psicólogo George Stout, mas quem a desenvolveu substancialmente foi Donald Williams, a partir de um artigo intitulado The elements of being, publicado originalmente em 1953. Em poucas palavras, essa teoria diz que propriedades e relações são "particulares abstratos" – em contraste com particulares comuns, como os objetos concretos –, e não universais.[138] Esses particulares abstratos são denominados "tropos", que são considerados os constituintes básicos de todo o mundo, inclusive dos possíveis. Assim, os objetos concretos não são substâncias individuais, mas feixes de tropos, ou seja, só há uma categoria ontológica, a partir da qual as substâncias individuais e as propriedades e relações universais são derivadas. Se tiver diante de mim duas bolas de bilhar vermelhas, a similaridade de suas cores não é explicada pelo fato de ambas instanciarem o mesmo universal "vermelhidão", mas sim porque o vermelho de uma bola é um particular, numericamente distinto e exatamente semelhante ao da outra bola (GARRETT, *op. cit.*, p. 59).

Voltando para o problema que o nominalismo de classes enfrenta ao considerar as propriedades como sendo classes, sem fazer a distinção entre intensão e extensão, a teoria de tropos propõe solucionar essa dificuldade dizendo que o atributo da humanidade, por exemplo, não é definido através de uma classe que contém todos os homens – enquanto substâncias individuais –, mas é definido por uma classe formada pelo tropo da humanidade de Sócrates, pelo tropo da humanidade de Platão, pelo tropo da humanidade de Aristóteles etc. Além de apresentar uma alternativa a esse problema, a teoria de tropos evitaria outras dificuldades, como a misteriosa relação entre coisas e propriedades, a noção de inerência, de instanciação e até mesmo de indução, entre outras (IMAGUIRE, 2007, p. 287).

[138] Essa versão do nominalismo é bem distinta das demais porque nega que propriedades e relações sejam universais. Os nominalismos "tradicionais", por outro lado, admitem que, se essas entidades existissem – mas é claro que eles negam isso –, eles seriam universais, e não particulares.

4.5 REALISMO E ANTIRREALISMO EM FILOSOFIA DA CIÊNCIA

Vimos acima algumas questões com respeito à disputa realismo/antirrealismo em filosofia da matemática. É comum separar essas questões de outra disputa realista/antirrealista, que é a que se refere ao objeto físico. Dada a suposta diferença entre os objetos abstratos – números, conjuntos, propriedades, relações etc. – e os objetos físicos – como cadeiras, planetas, átomos etc. –, questões diferentes às levantadas ao primeiro tipo serão postas aos objetos físicos. Como é tradicional, à posição que defende que os objetos físicos existem independentemente das mentes, esquemas conceituais, construções, convenções etc. dos seres humanos, e que as teorias que os contêm são, em casos específicos, verdadeiras ou aproximadamente verdadeiras, chamarei de *realismo*; se o que está envolvido na discussão são as entidades inobserváveis admitidas pelas teorias científicas, então temos o *realismo científico*. À posição que nega a realidade das entidades inobserváveis chamarei de antirrealismo científico. Do mesmo modo com que não me comprometi a fazer uma análise exaustiva das teorias realista e antirrealistas em filosofia da matemática, também quero deixar claro que não pretendo, no que se segue, tratar de todos os aspectos que envolvem a disputa realismo/antirrealismo científico.

4.5.1 As diversas dimensões do realismo

O realismo possui diversas dimensões. Essas dimensões, no entanto, nem sempre são coesas, podendo ser rejeitadas ou revisadas por diferentes realistas. Apresentarei a seguir um esquema de como essas dimensões podem ser apresentadas nas suas versões mais gerais e algumas posturas antirrealistas em relação a elas.

A dimensão *ontológica* do realismo científico diz, em poucas palavras, que existe um mundo de objetos físicos independente de qualquer teoria que a ciência possa ter desenvolvido para descrevê-lo. Tanto os objetos físicos ditos observáveis quanto os inobserváveis existem. Algumas maneiras de negar isso são as seguintes: 1) idealismo: o mundo consiste de mentes ou “estados mentais” e ideias; 2) solipsismo: uma forma radical de idealismo, sustenta que só há uma mente; 3) fenomenalismo: o mundo consiste de experiências, percepções ou fenômenos.

A dimensão *semântica* estabelece que as sentenças, proposições, enunciados ou afirmações científicas em geral possuem valores de verdade, ou seja, os enunciados científicos são ou verdadeiros ou falsos (ou, ainda, aproximadamente verdadeiros). Algumas teorias que negam isso: 1) instrumentalismo tradicional: as teorias são apenas um meio de organizar e predizer aspectos observáveis do mundo, mas suas proposições não podem receber valores de verdade; 2) instrumentalismo verificacionista: apenas os enunciados observacionais são significativos e podem receber valores de verdade; 3) ficcionalismo: teorias não possuem valores de verdade, mas são avaliadas apenas por sua confiabilidade ou utilidade. Teorias científicas lidam com ficções úteis, e é só isso que importa.

A dimensão *epistemológica* estabelece que a crença envolvida na aceitação de uma teoria científica é a crença em sua verdade ou verdade aproximada. Uma teoria antirrealista como o empirismo construtivo, em oposição, sustenta que a crença envolvida na aceitação de uma teoria científica é a crença em sua adequação empírica, isto é, a crença de que a teoria salva os fenômenos ou descreve corretamente o que é observável.

A dimensão da *atividade científica*, por sua vez, sustenta que a atividade científica consiste em descobertas de teorias verdadeiras ou aproximadamente verdadeiras. A verdade é compreendida como uma correspondência entre o mundo independente da mente e a linguagem da teoria. Essa visão pode ser criticada assim: 1) construtivismo: o conhecimento científico é produto de uma construção teórica, e não de descobertas de fatos sobre o mundo; 2) convencionalismo: as afirmações científicas são meros acordos, e a verdade é garantida por estipulação; 3) empirismo construtivo: a) visão epistêmica: a atividade do cientista consiste na construção de modelos empiricamente adequados; b) visão pragmática: a atividade científica visa à utilidade e o uso da teoria.

Por fim, a dimensão *axiológica* tenta defender que o objetivo da ciência é a busca por teorias verdadeiras ou aproximadamente verdadeiras. O empirismo construtivo, por exemplo, critica essa posição dizendo que o objetivo da ciência é a busca por teorias empiricamente adequadas, apenas.

Como observei, as diversas versões acima podem ou não ser adotadas *in totum* pelo realista científico. Apresentarei na próxima seção duas teorias clássicas que representam de um lado o realismo e de outro o antirrealismo. A primeira é uma visão geral de alguns elementos do realismo científico sustentado por Richard Boyd, considerado por muitos uns dos maiores partidários dessa teoria. Como crítica à teoria de

Boyd, apresentarei alguns aspectos gerais do empirismo construtivo de Bas van Fraassen.

4.5.2 Uma visão geral do realismo científico de Richard Boyd e do empirismo construtivo de Bas van Fraassen

Segundo Boyd, o realismo científico sustenta que o conhecimento dos fenômenos independentes da teoria é o resultado de uma investigação científica bem-sucedida. Esse conhecimento é possível mesmo no que diz respeito àquela parte da teoria que trata de entidades inobserváveis. A crença na aceitação de uma teoria científica é, para Boyd, a crença em sua verdade aproximada (ver abaixo). O realismo científico, segundo ele, prega que, se estivermos diante de um bom livro-texto de química contemporânea, por exemplo, temos boas razões para crer que aquilo que ele diz sobre a existência e as propriedades dos átomos, moléculas, níveis de energia, partículas subatômicas etc. é aproximadamente verdadeiro (BOYD, 2002).

Para Boyd, podemos definir o realismo científico como a concepção de senso comum que, apesar de reconhecer que os métodos científicos são falíveis e que boa parte do conhecimento científico é apenas aproximado, acredita ser justificado aceitar as teorias científicas como verdadeiras. Embora seja uma visão que surge do senso comum, Boyd explica que ela ganhou o estatuto de teoria filosófica devido aos desafios que foram a ela colocados (*ibid.*).

Boyd afirma que o desenvolvimento do realismo científico se deu através de quatro desafios básicos. 1) O desafio empirista, colocado primeiramente pelos positivistas lógicos e seus aliados, que sustentou que as entidades "teóricas" inobserváveis[139] deveriam ser eliminadas das teorias científicas, restando apenas aquelas observáveis; ou seja, a teoria deveria estabelecer-se apenas sobre bases empíricas.[140] Esse desafio do positivismo lógico, como sabemos, decorre de sua crítica geral à metafísica. 2) O primeiro desafio neo-kantiano, que origina-se com Russell Hanson e Thomas Kuhn, argumenta que a teoria é dependente dos métodos (em especial, de observação), e que é

---

[139] Tornou-se clássica a observação que van Fraassen fez a estes termos utilizados por alguns realistas científicos – e que teriam origem em Grover Maxwell. van Fraassen acusa Maxwell de cometer um erro de categoria ao dizer que há *entidades* teóricas. Segundo van Fraassen, *termos* ou *conceitos* são teóricos; as entidades se dividem entre observáveis e inobserváveis (VAN FRAASSEN, 1980, p. 14). A palavra 'teóricas' que aparece acima entre aspas duplas está no artigo de Boyd supracitado.

[140] Para uma noção de como isso era feito, ver SUPPE, 1977, p. 27-36, 45-9.

insustentável a concepção realista que diz que existe um crescimento aproximado do conhecimento científico. Como sustenta Kuhn, teorias científicas pertencentes a paradigmas distintos são incomensuráveis, tanto semântica quanto metodologicamente.[141] 3) O segundo desafio neo-kantiano, representado pelo realismo interno de Hilary Putnam e pela "atitude ontológica natural" de Arthur Fine, critica as versões metafísicas do realismo científico, em prol de uma atitude naturalista. 4) O desafio pós-moderno, que surge de estudos recentes na literatura, história e sociologia, critica tanto o realismo quanto o empirismo, sustentando que "fenômenos" como a ciência, o conhecimento, a evidência e a verdade são construções sociais e, portanto, não podem refletir o mundo (tanto observável quanto inobservável), nem mesmo aproximadamente (BOYD, 2002).

Não apresentarei os argumentos específicos de Boyd para tentar responder a cada um desses desafios.[142] Em vez disso, tratá-los-ei de modo geral, sendo que alguns deles estarão diluídos ao longo da seção. Para começar, Boyd reduz o realismo científico a quatro teses centrais: 1) os termos teóricos das teorias científicas maduras referem; 2) a partir de bases empíricas, as teorias científicas podem ser ditas aproximadamente verdadeiras; 3) as ciências maduras progridem em direção a uma aproximação gradual da verdade no que diz respeito tanto aos observáveis quanto aos inobserváveis; e 4) a realidade que as teorias descrevem independe de nossas mentes e concepções teóricas (BOYD, 1983).

O realismo encara a ciência como um empreendimento de sucesso. Muitas de suas teorias têm como resultado artefatos tecnológicos. Isso se explica porque, pelo menos parcialmente, a teoria reflete a realidade e, portanto, diz o realista, elas devem ser verdadeiras ou aproximadamente verdadeiras. Podemos dizer então que a principal tese do realismo é, *grosso modo*, a de que as teorias científicas são confirmadas empiricamente, elas nos permitem fazer previsões adequadas sobre o comportamento da natureza. Assim, mais uma vez, a crença envolvida na aceitação de teorias é a de que elas devem ser, pelo menos, aproximadamente verdadeiras e, portanto, retratam o mundo tal como ele é. Nas palavras de Boyd:

> Por realismo científico entendo a doutrina segundo a qual o tipo de evidência que

[141] Cf. KUHN, 1992.
[142] Ver BOYD, *op. cit.*

> ordinariamente conta a favor da aceitação de uma lei ou teoria científica é, ordinariamente, evidência da verdade (pelo menos aproximada) da teoria ou lei, como uma explicação das relações causais existentes entre as entidades quantificadas na lei ou teoria em questão. Segundo esta visão, a evidência experimental a favor de uma teoria que descreve relações causais entre entidades "teóricas" (isto é, inobserváveis) é evidência não apenas a favor da correção das consequências observacionais da teoria, mas é também evidência de que as relações causais específicas em questão explicam as regularidades preditas no comportamento dos fenômenos observáveis (BOYD, 1973, p. 1; apud DUTRA, 1993, p. 45).

Vimos que, para o realista, se as teorias científicas fazem predições, e essas são bem-sucedidas, é porque elas são aproximadamente verdadeiras. A noção de verdade aproximada é introduzida por ser a verdade exata considerada inadequada para avaliar as teorias científicas.[143] Sendo a verdade entendida como correspondência entre a teoria e o "mundo", uma teoria só será exatamente verdadeira se tudo o que ela diz a respeito do mundo realmente acontece, é adequado a ele. Se o que uma teoria diz acerca do mundo não acontece, o seu relato não é adequado, então a teoria é falsa. Admitindo-se, por conseguinte, o princípio lógico (clássico) da bivalência: uma teoria científica é ou verdadeira ou falsa.

O que Boyd parece sustentar é que um relato é aproximadamente verdadeiro se ele contém certas partes verdadeiras, embora contenha outras que são falsas. Uma sucessão de relatos científicos estará mais próxima da verdade se a quantidade de proposições verdadeiras for maior que a de proposições falsas. A abordagem realista de Boyd às teorias científicas admite que haja teorias preditivamente bem-sucedidas que são, no entanto, falsas. Os antirrealistas, van Fraassen, por exemplo, como mostrarei abaixo, insistem então neste ponto para afirmar que teorias falsas podem ser bons instrumentos de predição, ou seja, embora elas não relatem os fatos exatamente como eles são, uma teoria pode fazê-lo em certa medida suficiente – no nível empírico – para que possa fazer predições corretas. Para o antirrealista, todavia, não devemos questionar se uma teoria é verdadeira ou aproximadamente verdadeira,

[143] Esse será o ponto levantado pela metaindução pessimista, que mostrarei adiante.

mas apenas se ela é empiricamente adequada, isto é, se ela dá conta de prever corretamente os fenômenos. Vejamos então como isso pode ser mais bem compreendido.

Um dos principais argumentos do antirrealista contra o realista é o da subdeterminação das teorias pelos dados empíricos.[144] Em poucas palavras, esse argumento diz que podemos ter duas ou mais teorias diferentes que predizem corretamente os fenômenos, mas que postulam, no entanto, entidades inobserváveis diferentes. As teorias são então preditivamente ou empiricamente equivalentes, mas ontologicamente – no nível inobservável – distintas. As mesmas observações confirmam uma ou outra destas teorias, consequentemente, elas explicam bem os mesmos fatos observados. Tais teorias são, então, *subdeterminadas* pela observação e nada nos permite escolher, apenas com base em critérios cognitivos, entre uma ou outra como verdadeiras ou mais próximas da verdade. Assim, para um antirrealista como van Fraassen, devemos exigir apenas a adequação empírica das teorias e não sua verdade (mesmo que aproximada). Como já tivemos a oportunidade de mencionar acima, van Fraassen denomina sua doutrina antirrealista de *empirismo construtivo*; vamos tentar entender melhor esta denominação no que se segue.

Vejamos, primeiramente, um trecho de *The Scientific Image*, onde van Fraassen resume as propostas fundamentais do empirismo construtivo:

> Na concepção que desenvolverei, a crença envolvida na aceitação de uma teoria científica é apenas a de que ela 'salva os fenômenos', isto é, ela descreve corretamente o que é observável. Mas a aceitação não é apenas crença. Nunca temos a opção de aceitar uma teoria inteiramente abrangente, completa em cada detalhe. Assim, aceitar uma teoria, em detrimento de outra, envolve também um comprometimento com um programa de pesquisa, de continuar o diálogo com a natureza na estrutura de um esquema conceitual, e não de outro. Mesmo que duas teorias sejam empiricamente equivalentes, e a aceitação de uma teoria envolva como crença apenas que ela é empiricamente adequada, ainda pode fazer grande

[144] Cf. seção 2.2.

> diferença qual das duas é aceita. A diferença é pragmática, e argumentarei que as virtudes pragmáticas não nos dão nenhuma razão, além da evidência dos dados empíricos, para pensar que uma teoria é verdadeira. (VAN FRAASSEN, 1980, p. 4)

Como van Fraassen coloca na citação acima, duas dimensões estão presentes na aceitação de uma teoria científica, a epistêmica e a pragmática. A primeira diz respeito ao tipo de crença que está envolvida na aceitação de uma teoria científica. Para van Fraassen, tal crença só pode ser a adequação empírica, ou seja, a crença de que a teoria salva os fenômenos ou descreve corretamente o que é observável, por isso sua doutrina é empirista. A crença na verdade (aproximada) das teorias e na existência de entidades inobserváveis são afastadas por van Fraassen. Assim, entidades inobserváveis podem existir ou não; ou seja, van Fraassen adota uma posição agnóstica quanto à existência dessas entidades (*op. cit.*, p. 204). A segunda dimensão, a pragmática, não diz mais respeito à crença na aceitação de uma teoria, mas sim à preferência que possamos ter por uma ou outra teoria além das qualidades ou virtudes epistêmicas. Exemplos de virtudes pragmáticas seriam, segundo van Fraassen, simplicidade, poder explicativo e plausibilidade em face de outras teorias que já foram aceitas no passado. Tal distinção entre virtudes epistêmicas e virtudes pragmáticas é de vital importância para o empirismo construtivo. O que van Fraassen sustenta é que as virtudes epistêmicas das teorias dizem respeito à relação entre a teoria e o mundo, como verdade e adequação empírica. Por outro lado, as virtudes que se referem ao uso ou a utilidade de uma teoria são ditas virtudes pragmáticas. No que se refere às virtudes pragmáticas, além da teoria e dos fatos do mundo à qual ela se reporta, entra em jogo também um *contexto de aplicação*. A aplicação de uma teoria depende de contextos, pois ela pode, por exemplo, ter um alto poder explicativo em um contexto, mas, em outro, ser pouco explicativa (*op. cit.*, p. 87ss).

Essa dimensão pragmática da aceitação de teorias científicas leva o cientista que aceita uma teoria a comprometer-se com um programa de pesquisa e a dialogar com a natureza mediante certo esquema conceitual, e não mediante outros. Esse programa de pesquisa que o cientista se compromete, afirma van Fraassen, não se trata de um programa de descobertas sobre o mundo, como diria o realista, mas sim de um programa de construção de modelos que são empiricamente adequados. É por este motivo que a doutrina de van Fraassen é denominada empirismo *construtivo*. Os modelos que os cientistas constroem têm como compromisso adequar-se aos fenômenos, não necessitam ser verdadeiros com respeito às entidades inobserváveis. A ciência, para esse filósofo, é, portanto, uma atividade de construção de modelos que devem ser empiricamente adequados, mas não precisam ser verdadeiros (*op.cit*., § 4).

A abordagem de van Fraassen às teorias científicas é semântica, e não axiomática ou sintática como a dos empiristas lógicos. Para ele, as teorias são conjuntos de modelos e não conjuntos de enunciados, como na abordagem sintática. Mas, o que são modelos? Para van Fraassen, um modelo é uma *n*-upla ordenada composta de um conjunto de objetos e relações e operações sobre esses objetos, derivando, dessa maneira, da noção lógica e matemática de modelo (*op. cit*., p. 43-44).[145] Esse tipo de modelo é chamado pelos defensores da abordagem semântica de "modelo semântico"; eles seriam entidades abstratas, não-linguísticas – em oposição clara à abordagem reconhecidamente linguística do positivismo lógico. Sua principal função é a de nos permitir interpretar os termos e sentenças de uma dada linguagem e, por conseguinte, possibilitar decidir, por exemplo, se uma determinada sentença dessa linguagem é verdadeira ou falsa, bem como decidir sobre suas outras possíveis propriedades semânticas, como a adequação empírica.

Como a atividade científica é, para van Fraassen, uma atividade de construção de modelos que devem ser empiricamente adequados, propor ou apresentar uma teoria científica nada mais é do que apresentar uma família de estruturas ou modelos, e apontar nesses certas partes como representando diretamente os observáveis, partes estas chamadas de *subestruturas empíricas*. Se entendermos por aparência aquilo que é descrito por relatos experimentais, medições etc. – ou seja, tudo o que nós podemos observar a respeito do domínio de fenômenos ao qual a teoria se refere –, pode-se afirmar que uma teoria só será empiricamente adequada se ela possuir ao menos um modelo de tal modo que todas as aparências sejam isomorfas a subestruturas empíricas desse modelo (*op. cit*., p. 64-7).

Para o empirista construtivo, o que o cientista deve fazer quando apresenta uma teoria, esperando que essa seja empiricamente adequada, é elaborar uma série de modelos, onde *ao menos um* deles contenha subestruturas empíricas que sejam isomorfas a todas as aparências. Pois,

[145] Mostrarei no próximo capítulo que essa concepção de modelo – dita de "primeira ordem" – é atualmente considerada simplista demais e pouco conveniente para lidar com as teorias científicas.

como observa Otávio Bueno, "[...] o empirista admitirá que *nem todos* os componentes de certo modelo se referem a elementos de fato existentes no mundo (um princípio que pode ser denominado *princípio de referência incompleta*) (BUENO, 1999, p. 38). Isto quer dizer que as aparências e as subestruturas empíricas devem possuir uma analogia de forma, os elementos que se encontram nas aparências devem, de algum modo, estar representados nas estruturas empíricas no mesmo arranjo ou organização que ocorre nas próprias aparências, e só então podemos dizer que uma teoria científica fornece uma *imagem do mundo*.

Segundo van Fraassen, a teoria é empiricamente adequada se o isomorfismo dessa imagem se dá com o que é observável. Mas se o isomorfismo entre um modelo da teoria e o mundo for completo, isto é, tanto nos aspectos observáveis quanto nos inobserváveis, então podemos dizer que a teoria é verdadeira. A verdade é, portanto, a correspondência exata entre a realidade e um dos modelos da teoria; por outro lado, a adequação empírica é somente a correspondência entre as subestruturas empíricas de um modelo da teoria e as aparências ou coisas observáveis.

Para o empirista construtivo, dizer que uma teoria é equivalente a outra significa sustentar que as duas são empiricamente adequadas em relação ao mesmo conjunto de fenômenos ou coisas observáveis, ambas lidam com as aparências ou salvam os fenômenos de igual maneira. Assim, os modelos dessas teorias podem diferir em relação a suas partes onde aparecem descrições de inobserváveis, mas no que diz respeito a suas subestruturas empíricas, elas são equivalentes. Se duas teorias postulam entidades inobserváveis distintas, mas adéquam-se empiricamente da mesma forma, então podemos também dizer que elas salvam os fenômenos de forma equivalente (VAN FRAASSEN, 1980, § 3).

Como destaquei brevemente acima, van Fraassen afirma que a única crença que está em jogo na aceitação de uma teoria científica é a crença em sua adequação empírica que, aliada a razões pragmáticas, permite-nos escolher entre teorias distintas. Nessa visão, as entidades inobserváveis que aparecem nas teorias científicas são encaradas como ficções úteis, sendo o estatuto ontológico reservado apenas às observáveis.

Por outro lado, os realistas contra-argumentam dizendo que a distinção entre o que é observável e o que é inobservável não pode ser feita de modo claro e, consequentemente, não se pode sustentar uma postura empirista. Dessa maneira, temos, de um lado, os realistas, que explicam o sucesso preditivo da ciência[146] com base em sua verdade aproximada, mas que enfrentam problemas como a subdeterminação das teorias à observação e a descontinuidade ontológica presente nas mudanças de teorias. Do outro lado, estão os antirrealistas – em especial, van Fraassen –, que oferecem uma solução à questão da subdeterminação e da descontinuidade ontológica, mas não explicam de maneira totalmente convincente – pelo menos para muitos –, o sucesso preditivo da ciência. Bueno faz um balanço final afirmando que

> [...] o grande argumento a favor do antirrealismo é menos a fragilidade das propostas realistas (embora este certamente seja um ponto relevante), e mais a possibilidade de se atingir o mesmo objetivo (a obtenção de uma interpretação minimamente sensata do conhecimento) a partir do emprego de menos recursos (ou de recursos menos dependentes de certa dose metafísica). (BUENO, 1999, p. 3)

A partir da breve citação acima, podemos perceber que, pelo menos no nível meta-teórico, o antirrealismo apela a questões de caráter pragmático, pois sustenta que sua visão é mais "simples" na medida em emprega menos "recursos metafísicos". Se o empirismo construtivo, em particular, pretende ser uma teoria filosófica, podemos nos perguntar qual o compromisso epistêmico dessa teoria, ela pretende ser verdadeira ou apenas empiricamente adequada? Faz sentido dizermos que uma teoria filosófica (não científica) é empiricamente adequada? Por outro lado, se o compromisso é com a verdade, então o que nos garante que critérios pragmáticos como a simplicidade estão associados à verdade?[147]

Vou encerrar esta breve exposição do debate realismo/antirrealismo científico apresentando algumas questões – e é

---

[146] Alguns desses sucessos são apontados por Silvio Chibeni: "As predições da diminuição da aceleração de queda com a distância do centro de atração pela teoria newtoniana da gravitação; do "ponto" de Poisson pela teoria ondulatória da luz de Fresnel; dos experimentos de Hertz pela teoria eletromagnética de Maxwell; da equivalência massa-energia pela teoria da relatividade especial; das observações astronômicas de Eddington do desvio da luz pelo Sol pela teoria da relatividade geral; da difração de elétrons pela hipótese de de Broglie; da maior densidade das galáxias distantes e da radiação cósmica de fundo pela hipótese do *big bang* são apenas alguns dos muitos casos importantes, especialmente abundantes na ciência contemporânea." (CHIBENI, 2006, p. 227)

[147] Lembro que esta é uma acusação que o próprio van Fraassen levantou contra o realismo.

claro que existem muitas outras – que penso serem crucias ao debate, a saber, a distinção observável/inobservável, o argumento do milagre – como inferência para a melhor explicação – e a metaindução pessimista. Inicio com a distinção observável/inobservável.

4.5.3 Os problemas com a distinção observável/inobservável

O debate realismo/antirrealismo científico possui uma especificidade importante, que devemos considerar antes de avançarmos nas questões. Grande parte dos antirrealistas está disposta a aceitar que os objetos físicos de tamanho médio, como mesas, cadeiras, a Lua etc. – os chamados observáveis – de fato existem. O que geralmente está em disputa, e que espero ter ficado claro acima, é a existência de outras supostas entidades, chamadas *inobserváveis*, como átomos, partículas subatômicas, "cordas" – da teoria das cordas – etc. Assim, a discussão passa a ser quase sempre dirigida aos inobserváveis. Mas nesse caso, um problema emerge imediatamente, pois, como podemos traçar a distinção entre observável e inobservável? Com inobservável queremos dizer a olho nu ou com instrumentos científicos? Quais tipos de instrumentos científicos seriam aceitos? Por exemplo, apenas microscópios óticos, ou podemos incluir os eletrônicos também?[148]

Há tanto filósofos que preferem não fazer distinção entre os graus de confiabilidade a partir dos graus de complexidade dos aparelhos quanto aqueles que descartam esses e confiam apenas no olho nu. Em geral, os realistas dirão que as entidades inobserváveis postuladas por nossas melhores teorias sobre o mundo de fato existem, independentemente do aparelho envolvido na tentativa de sua "observação". Neste caso, são ainda consideradas "inobserváveis" apenas porque não podem ser detectadas a olho nu, mas isso não traz implicações para sua inexistência. As chamadas "observações indiretas" passam a ter, então, um papel fundamental no indício de sua existência.

Quando vemos um rastro de vapor – que muitos erroneamente acreditam ser "fumaça" – no céu com certas características, por exemplo, acreditamos que aquilo fornece um forte indício de que um jato o provocou. Podemos não ver o jato, mas acreditamos "observá-lo" indiretamente através de seu rastro, e isso contaria a favor de sua existência. Esse tipo de observação indireta poderia também contar a favor da existência de elétrons numa câmara de bolhas (ou câmara de

[148] Vale observar que há diferenças substanciais na constituição de ambos.

Wilson) a partir de seu “rastro”? Muitos realistas acreditam que sim, van Fraassen, todavia, discorda. Ele acredita que, diferentemente do jato, não podemos recorrer a uma observação direta – a olho nu – dos elétrons, nem em princípio. Mas esse argumento de fato desacredita as observações indiretas, como a do elétron da câmara de bolha?

Na verdade, o realista científico defenderá que as demarcações entre observável/inobservável oferecidas pelos antirrealistas são, em geral, insatisfatórias. Já alguns antirrealistas, como van Fraassen, serão radicais a ponto de dizer que daquilo de que não podemos ter uma observação a olho nu, não podemos dizer que existe (VAN FRAASSEN, 1985). Para muitos, esse radicalismo, no entanto, parece trazer ainda mais problemas para o antirrealista, e se esse não deixar claro o critério de demarcação entre observáveis/inobserváveis, o realista levaria certa vantagem na disputa, já que o antirrealista em geral está disposto a ser “realista” com respeito aos observáveis. Em outras palavras, se existe uma continuidade entre o observável e o inobservável, grande parte do projeto do antirrealista ruiria. Em relação a isso, é famosa a passagem de Grover Maxwell em seu artigo The ontological status of theoretical entities, onde esse afirma que

> há, em princípio, uma série contínua, começando com olhar através de nada, e contendo os seguintes elementos: olhar através de uma vidraça, olhar através de óculos, de binóculos, de um microscópio de baixa potência, um microscópio de alta potência etc., nessa ordem. A consequência importante é que, até aqui, estamos sem critérios que nos permitam traçar uma linha não-arbitrária entre ‘teoria’ e ‘observação’ (MAXWELL, 1962).

Maxwell tenta mostrar que quaisquer distinções entre observável/inobservável são acidentais, não tendo qualquer implicação ontológica. Por outro lado, van Fraassen critica Maxwell dizendo que a série contínua dos atos de observação não corresponde necessariamente à continuidade daquilo que é observado. Segundo ele,

> [...] se algo pode ser visto através de uma janela, também pode ser visto sem a janela. De modo semelhante, as luas de Júpiter podem ser vistas através de um telescópio, mas elas também podem ser vistas sem telescópio, se estivermos suficientemente perto. Que algo seja observável

> não implica automaticamente que as condições para observá-lo agora sejam apropriadas. O princípio é: X é observável se há condições que são tais que, se X nos estiver presente nessas condições, então vamos observá-lo (VAN FRAASSEN, 1980, p. 39-40).[149]

Em geral, a posição de van Fraassen é a de que será considerado observável aquilo que podemos, em princípio, observar a olho nu. Como ele coloca, as luas de Júpiter podem não ser observadas a olho nu aqui da Terra, mas se nos aproximarmos delas, serão. Podemos então dizer que as luas de Júpiter não são observadas – aqui da Terra, a olho nu –, mas são observáveis. Por outro lado, acredita van Fraassen, nunca poderemos nos aproximar de um elétron, por exemplo, nunca poderemos observá-lo a olho nu, portanto, ele não só é "inobservado", mas inobservável.[150]

Um dos problemas que atingem o realista científico de inobserváveis é que algumas dessas entidades que outrora foram assumidas por determinadas teorias como sendo existentes, acabaram sendo abandonadas após a refutação dessas. Exemplos clássicos são o do éter eletromagnético, do flogisto, da enteléquia entre outros. Nesse

---

[149] Outras críticas à visão de Maxwell são feitas em VAN FRAASSEN, *op. cit.*, p. 36-45.

[150] Alguém poderia observar – e Maxwell o fez – que as limitações dos órgãos humanos não deveriam oferecer barreiras para o que é observável. Poderíamos ter olhos com a capacidade de microscópios eletrônicos, por exemplo. van Fraassen não aceita esse argumento dizendo que o organismo humano é, do ponto de vista da física, um tipo de aparato de mensuração, e que os limites do organismo devem sim ser preponderantes para os limites da mensuração (*op. cit.*, p. 42). Silvio Chibeni cita uma interessante passagem de Antony Quinton, retirada de sua obra *The Nature of Things*, onde esse diz que "[a] estrutura detalhada de um cristal de neve, que vemos com uma lupa, é algo que ordinariamente devemos considerar como tendo sido observado. É este um passo legítimo? O que conta em seu favor é o fato de que todos os aspectos [*features*] das coisas que são observados sem esse tipo modesto de ajuda instrumental ainda são observados com o instrumento, ao lado de alguns outros aspectos. Mas uma vez admitido que uma coisa possa ser literalmente observada com uma lupa, não parece haver um ponto a partir do qual possamos sensatamente dizer que não estamos observando a própria coisa, mas seus efeitos, quando percorremos a série de instrumentos de auxílio observacional cada vez mais refinados e sofisticados: de lupas a microscópios, e de microscópios ordinários a microscópios eletrônicos com grande poder de aumento. O argumento da continuidade se aplica até mesmo a estes últimos. As propriedades e constituintes do espécime que são visíveis sem o seu auxílio são também vistos com o microscópio em seus graus inferiores de magnificação, embora grandemente ampliadas. Na medida em que cresce a magnificação, alguns dos detalhes que eram observados no estágio precedente ainda estão lá para serem vistos." (QUINTON, 1973, p. 301 apud CHIBENI, 1996, p. 12) Não me aprofundarei nas discussões sobre este tópico nesta tese. Em VAN FRAASSEN, 1985 há uma ampla discussão sobre a sua posição acerca da observabilidade.

momento, o antirrealista científico, de tendências instrumentalistas, por exemplo, usará o seguinte argumento para atacar seu rival realista: se supostas entidades inobserváveis pregadas por certas teorias científicas foram abandonadas quando essas se mostraram falsas, nada nos garante que os atuais inobserváveis também acabarão por se mostrar inexistentes quando as teorias atuais que os sustentam mostrarem-se falsas. E de fato, sustenta o antirrealista, quando olhamos para a história da ciência, vemos que as teorias científicas – ou melhor, algumas teorias científicas – acabaram se mostrando falsas, o que solaparia qualquer pretensão realista. Este argumento, posto acima em linhas gerais, nada mais é do que uma versão da famosa metaindução pessimista, com a qual já nos deparamos no capítulo 2. Seguindo este argumento, uma teoria antirrealista como o empirismo construtivo de van Fraassen, como mostrei acima, sustentará que as teorias científicas nos dizem como o mundo *é* em seus aspectos observáveis, mas quanto aos inobserváveis, apenas nos dizem como ele *poderia ser*, e essa é uma diferença enorme.

Uma das maneiras do realista científico escapar do argumento acima é invocar alguma versão do também famoso argumento do milagre (ou sem milagre), do qual também já tive oportunidade de mencionar. Em poucas palavras, esse argumento diz que seria milagroso o sucesso empírico de teorias científicas maduras, evidenciado principalmente por novas previsões, se essas teorias não fossem verdadeiras e, portanto, suas entidades inobserváveis não existissem. Por exemplo, consideremos a tecnologia do *laser*. Essa tecnologia tem como base uma teoria sobre o que acontece quando elétrons (inobserváveis) num átomo (inobservável) passam de estados de energia superiores para estados inferiores. Dado que *lasers* funcionam – podem corrigir a nossa visão ou cortar objetos, por exemplo –, então, sustentam os realistas, a teoria que dá suporte a eles é verdadeira. Mas se a teoria é verdadeira, então as entidades inobserváveis que ela postula existem.[151] Em outras palavras, para quem defende esse argumento, ele mostra que o realismo é a única posição que não torna o sucesso preditivo da ciência um milagre – é claro que está pressuposto que não deveríamos, pelo menos em discussões filosóficas, aceitar milagres. O argumento do milagre, no entanto, não pretende provar que o realista esteja correto e o antirrealista errado, antes disso, ele é um argumento de plausibilidade ou, como é mais conhecido, uma inferência para a melhor explicação.

---

[151] Na verdade, Ian Hacking mostrou que isso não é necessário. É famosa sua distinção entre realismo de teorias e realismo de entidades, um não implicando o outro necessariamente. Ver HACKING, 1983.

4.5.4 Os argumentos do milagre e da metaindução pessimista

Nesta seção, apresentarei os argumentos do milagre e da metaindução pessimista com um pouco mais de rigor. Não me comprometo – neste momento, pelo menos – a defender ou refutar tais argumentos. Começarei pela interpretação do argumento do milagre dada por Larry Laudan.[152]

Segundo Laudan, algumas teses que estão envolvidas no realismo científico são as seguintes:

R1) Teorias científicas desenvolvidas dentro de ciências consideradas "maduras" são aproximadamente verdadeiras e, dentro de um mesmo domínio, as teorias mais recentes estão mais próximas da verdade que as mais antigas;

R2) Os termos teóricos e observacionais dessas teorias referem, isto é, há substâncias no mundo que correspondem às ontologias das melhores teorias científicas;[153]

R3) Teorias sucessivas preservam as relações teóricas e, aparentemente, os referentes das teorias anteriores; teorias anteriores seriam "casos limites" das novas teorias.

R4) Novas teorias aceitas deveriam explicar porque suas predecessoras foram bem-sucedidas, na medida em que o foram (LAUDAN, 1981, p. 21).

Laudan então afirma que por trás dessas teses semântica, metodológica e epistemológica há uma afirmação meta-teórica sobre o próprio realismo

---

[152] Esse argumento teria sido originalmente concebido por Putnam em *Mathematics, Matter and Method*, onde ele coloca que "[o realismo] é a única filosofia que não faz do sucesso da ciência um milagre. Que os termos nas teorias científicas maduras tipicamente são referenciais [...]; que as teorias aceitas numa ciência madura são tipicamente aproximadamente verdadeiras; que o mesmo termo pode referir à mesma coisa mesmo quando ocorre em teorias diferentes; tais proposições são vistas pelo realista científico não como verdades necessárias, mas como parte da única explicação científica do sucesso da ciência, e portanto como parte de qualquer descrição científica adequada da ciência e de suas relações com seus objetos." (PUTNAM, 1975, p. 73 apud CHIBENI, 1996, p. 10).

[153] É importante observar que muitos realistas não são adeptos da noção de substância; portanto, não é necessário acreditar em substâncias para ser um realista científico. Cf. as discussões do capítulo 3.

que mantém que: R5) As teses R1-R4 implicam que as teorias científicas consideradas maduras devem ser bem-sucedidas. Essas teses constituem a melhor, ou a única, explicação para o sucesso da ciência; o sucesso empírico dessa, evidenciado por explicações e previsões acuradas, fornece uma confirmação empírica para o realismo (*ibid*.).

Laudan denomina a tese R5 acima *realismo epistemológico convergente* (CER, no original inglês). Os defensores do CER, segundo esse autor, veem R1-R4 acima como hipóteses empíricas que podem ser testadas por uma investigação da própria ciência (*ibid*.). Assim, dois argumentos abdutivos, também conhecidos como inferência para a melhor explicação, poderiam ser formulados pelo realista. Considerando-se R1 e R2, temos o argumento I:

Premissa 1: se as teorias científicas fossem aproximadamente verdadeiras, então elas seriam empiricamente bem-sucedidas;

Premissa 2: se os termos centrais das teorias científicas genuinamente referissem, então elas seriam empiricamente bem-sucedidas;

Premissa 3: teorias científicas são empiricamente bem-sucedidas;

Conclusão: portanto, (provavelmente) as teorias científicas são aproximadamente verdadeiras e seus termos centrais genuinamente referem.

Para Laudan, considerando-se agora a tese R3, podemos ter o argumento II:

Premissa 1a: se as teorias atuais de uma ciência "madura" são aproximadamente verdadeiras e se seus termos centrais referem, então teorias posteriores bem-sucedidas dentro dessa mesma ciência preservariam as anteriores como casos limites;

Premissa 2a: cientistas buscam preservar teorias anteriores como casos limites, e em geral conseguem;

Conclusão a: portanto, (provavelmente) teorias anteriores de uma ciência "madura" são aproximadamente verdadeiras e possuem um referencial genuíno.[154]

De acordo com Laudan, a partir dos argumentos I e II, e da tese de que as teorias presentes e passadas são bem-sucedidas, os defensores do CER formulam o condicional meta-teórico: se o CER for verdadeiro, o sucesso progressivo da ciência seria incontestável. Por outro lado, se o CER for falso, o sucesso da ciência seria "miraculoso" e sem explicação (LAUDAN, 1981). Dada essa formulação do argumento do milagre, Laudan analisará se as relações entre verdade, referência e sucesso, presentes nos argumentos I e II e no condicional meta-teórico, estão corretas ou não. O pretenso uso das noções de "verdade" e "referência" que Putnam, por exemplo, faz para dar uma explicação causal em epistemologia será criticado por Laudan, que no fim de suas argumentações apresentará sua versão da metaindução pessimista. Os argumentos que Laudan utiliza para criticar o argumento do milagre na sua formulação acima são, muito sinteticamente, os seguintes.[155]

1) Mesmo que haja uma teoria da referência razoavelmente desenvolvida por detrás do realismo científico, isso não implica que todos os termos centrais das teorias referem.

2) A noção de verdade aproximada ainda é muito vaga para permitir julgar se uma teoria que consistisse inteiramente de leis aproximadamente verdadeiras seria empiricamente bem-sucedida, por outro lado, parece possível termos teorias empiricamente bem-sucedidas que não são aproximadamente verdadeiras.

3) Segundo Laudan, os realistas não têm qualquer explicação para o fato de que muitas teorias científicas que não são aproximadamente verdadeiras e cujos termos "teóricos" aparentemente não referem são, no entanto, muitas vezes bem-sucedidas.

[154] Os argumentos são apresentados por Laudan (*op. cit.*), e as aspas em 'madura' são dele.

[155] Em seu artigo, Laudan oferece argumentos consistentes para defendê-los. Aqui, apresento apenas as suas conclusões. Ver LAUDAN, *op. cit.*

4) Uma das principais afirmações do CER é de que as ciências "maduras" geralmente preservam – ou procuram preservar – as leis e ferramentas das teorias predecessoras. Isso, segundo Laudan, é provavelmente falso, pois essa afirmação se baseia na noção de verdade aproximada, e os problemas enfrentados por essa noção se transferem para esse caso.

5) Mesmo que o realista científico mostrasse que as teorias da referência e da verdade aproximada são bem definidas, o argumento de que o sucesso da teoria científica é devido ao fato dela ser aproximadamente verdadeira e genuinamente referencial, toma como pressuposto justamente aquilo que o antirrealista nega, isto é, que o sucesso da teoria confere verdade a ela.

6) Para Laudan, não está claro de que maneira uma teoria atual é mais bem-sucedida do que as anteriores se ela não explica porque suas predecessoras foram abandonadas. Além disso, quais os argumentos epistêmicos que o realista oferece para que demos preferência a uma determinada teoria atual em detrimento de sua rival, empiricamente equivalente?[156]

7) Se uma teoria foi falsificada uma vez, e esse é o principal motivo para ela ter sido abandonada, não é razoável esperar que sua sucessora mantenha todo o seu conteúdo, suas consequências ou seus mecanismos teóricos. Mas, nesse caso, o que devemos salvar? Qual exatamente o critério de "salvação"?

8) Os realistas não têm mostrado – a não ser como pressuposto – que o antirrealismo falha ao explicar o sucesso da ciência.[157]

Destas conclusões específicas, Laudan acredita que possamos retirar uma mais geral: os realistas – Punam, Newton-Smith e Boyd – ainda não estabeleceram claramente que o realismo científico pode explicar completamente o sucesso da ciência.

---

[156] Esta é uma versão da subdeterminação pelos dados empíricos discutida acima.

[157] Lembro que Laudan escreveu isso em 1981. Em anos posteriores, diversos realistas tentaram regimentar melhor suas teses, como é o caso, por exemplo, de BOYD, 1983. Para uma defesa do argumento do milagre e das inferências abdutivas, além de referências adequadas ao assunto, ver CHIBENI, 2006.

O que está claro é que o realismo não pode, até mesmo por seus próprios princípios, explicar o sucesso das muitas teorias cujos termos "teóricos" centrais não têm referência e cujas leis teóricas e mecanismos não são aproximadamente verdadeiros. Embora Laudan acredite que seus argumentos não refutem o realismo científico, ele pensa que eles abrem a possibilidade para explicações antirrealistas do sucesso da ciência, explicações essas que são rejeitadas por princípio pelos realistas (LAUDAN, 1981).

Os argumentos acima, adicionados a outras considerações, levam Laudan a formular seu famoso argumento da metaindução pessimista, voltado para uma análise histórica da ciência. Para ele, a história da ciência oferece-nos uma grande quantidade de exemplos de teorias que foram ao mesmo tempo bem-sucedidas e não-referenciais em relação a muitos de seus conceitos explicativos centrais (*op. cit.*). Ele oferece uma volumosa lista desses casos: 1) as esferas cristalinas da astronomia antiga e medieval; 2) a teoria dos humores na medicina; 3) a teoria dos eflúvios para a eletricidade estática; 4) a geologia "catastrofista", com o compromisso com um dilúvio universal noeliano; 5) a teoria do flogisto na química; 6) a teoria do calórico do calor; 7) a teoria vibratória do calor; 8) as teorias de força vital na fisiologia; 9) o éter eletromagnético; 10) o éter óptico; 11) a teoria da inércia circular; e 12) teorias de geração espontânea.

Laudan então afirma que se tantas teorias consideradas, a sua época, bem-sucedidas foram depois dadas como falsas, somos indutivamente levados a crer que o mesmo acontecerá com as nossas teorias científicas atuais, sendo improvável que nossas melhores teorias atuais sejam de fato aproximadamente verdadeiras (*op. cit.*). Este argumento talvez possa parecer bastante convincente à primeira vista, mas está longe de estar isento de críticas.

Como coloca Chibeni, podemos contra-argumentar dizendo que há uma melhora significativa na metodologia científica com o passar dos anos, sendo que as teorias atuais estariam muito menos sujeitas a revisões do que suas predecessoras pertencentes a um período onde o rigor metodológico ainda não estava devidamente desenvolvido. Assim, a inferência indutiva não teria força o suficiente para alegar que as atuais teorias científicas irão também mostrar-se falsas no futuro (CHIBENI, 2006).[158]

---

[158] Um argumento semelhante foi usado por BOYD, 1983.

Outra crítica à metaindução pessimista dirá que uma análise mais atenta da história da ciência mostra que Laudan exagerou na medida, já que muitos de seus exemplos não podem ser considerados teorias maduras, sendo algumas consideradas, inclusive, apenas *esboços* de teorias. O realista pode então rejeitá-las como exemplos de teorias bem-sucedidas, o que certamente enfraquece o argumento (CHIBENI, 2006). Uma terceira crítica – e que nos interessa especialmente – é aquela feita pelo realismo estrutural. Para os defensores dessa teoria, como vimos no primeiro capítulo, as relações ou estruturas de algumas dessas teorias, em especial daquelas que ainda resistem na lista de Laudan,[159] foram preservadas nas teorias que as sucederam. É claro que isso precisa ser mais bem compreendido, e farei isso no último capítulo da tese. Antes que isso possa ser feito adequadamente, porém, preciso avançar mais nas bases do realismo estrutural, e isso será feito no próximo capítulo, onde discuto a última dimensão envolvida nessa teoria, a dimensão estrutural.

[159] Dois exemplos seriam a teoria do flogisto e do calórico. Ver CHIBENI, *op. cit.*; outro exemplo – da teoria ondulatória da luz – é sucintamente explicado em OKASHA, 2002, p. 65.

5 A DIMENSÃO ESTRUTURAL

Parece – ou deveria ser – óbvio que o conceito de *estrutura* seja extremamente relevante para o realismo estrutural ontológico. Não obstante esta suposta obviedade, não é comum encontrar uma caracterização razoavelmente precisa deste conceito nos textos sobre o assunto. Alguns textos falam em “estruturas matemáticas”, mas não deixam claro o que entendem precisamente com isso. Outros textos, mais obscuramente, falam também de uma “estrutura do mundo”. Penso que, se o que o realismo estrutural ontológico defende é que tudo o que há são estruturas, esperar-se-ia dessa teoria no mínimo uma caracterização razoavelmente precisa deste conceito. Outro conceito importante para o realismo estrutural ontológico, e que em certos casos deriva do conceito de estrutura, é o de *modelo*. Mostrei no capítulo 2 que os defensores dessa teoria propõem a abordagem semântica como suporte a ela. Nessa abordagem, uma teoria científica – como famosamente a caracterizou van Fraassen – nada mais é do que uma família de modelos.[160] O problema, como mostrarei abaixo, é que, semelhantemente ao que acontece com “estrutura”, não há um consenso quanto ao que se entende por “modelo”.[161] Assim, o objetivo principal deste capítulo é o de apresentar uma caracterização minimamente precisa de estrutura matemática e de modelo científico. Estes conceitos serão fundamentais para tentar esclarecer o que o realista estrutural ontológico pretende dizer ao afirmar que o mundo, em seu nível fundamental, consiste de estruturas.[162]

5.1 CARACTERIZANDO ESTRUTURAS MATEMÁTICAS

As três maneiras mais usuais de definir-se estrutura matemática, segundo da Costa e French, são as seguintes: usando uma teoria de conjuntos; através da lógica de ordem superior (ou teorias de tipos); e por meio de uma teoria de categorias. A noção conjuntista de estrutura

---

[160] Ver seção 4.5.2 e VAN FRAASSEN, 1980, p. 64. Na verdade, antes de van Fraassen, Patrick Suppes já caracterizava uma teoria científica como uma classe de modelos. Ver, por exemplo, SUPPES, 1960, 1962.

[161] Muitos falam em “sentido tarskiano de modelo”. Brading e Landry, por exemplo, claramente defendem isso (BRADING; LANDRY, 2006). Como vimos anteriormente, porém, a teoria de modelos “clássica” talvez não seja a mais adequada para dar conta das teorias científicas (ver da COSTA; RODRIGUES, 2007 e à frente).

[162] A própria noção de “nível fundamental” também será esclarecida no próximo capítulo.

é, segundo os autores, aquela utilizada por Evert Beth e Patrick Suppes, por exemplo, em sua defesa da abordagem semântica.[163] Nessa visão, um modelo é uma estrutura que satisfaz certas sentenças de uma linguagem conveniente. Essas caracterizações podem ser consideradas como expressando os conceitos padrões de estrutura matemática e modelo matemático (da COSTA; FRENCH, 2003, § 3). Na segunda opção, em vez da teoria de conjuntos, usamos a lógica de ordem superior para definirmos estrutura. Essa é basicamente, de acordo com da Costa e French, a abordagem adotada por Carnap, que por fim é essencialmente equivalente à definição conjuntista. A grande diferença, todavia, é que podemos interpretar os elementos básicos de uma estrutura como predicados e não como conjuntos. Desse modo, não só podemos definir estruturas *extensionais*, mas também *intensionais* (*ibid*.). No que diz respeito à terceira maneira de definir-se estrutura, já tinha sido observado por Bourbaki que muitas propriedades das estruturas dependem não apenas de uma estrutura particular, mas de uma coleção delas, compondo objetos matemáticos conhecidos como "categorias". Charles Ehresmann, membro do grupo Bourbaki, teve então, segundo da Costa e French, a feliz ideia de generalizar essa situação e definir espécies de estruturas como um *funtor* agindo sobre categorias apropriadas. Esse conceito categorial ou funtorial de espécies de estruturas pode ser visto como estendendo a definição conjuntista (*set-theoretical*).[164] Não obstante a relevância de cada uma dessas abordagens – até mesmo para uma defesa do realismo estrutural ontológico –, nesta seção, apresentarei duas definições de estrutura que seguem a linha *conjuntista*.

Mencionei no início do capítulo que pretendia oferecer uma definição de estrutura com certo rigor. Este "certo rigor" precisa ser esclarecido. Em lógica e matemática há vários níveis de rigor, desde a simples utilização de alguns símbolos "artificiais" mesclados à linguagem natural, a apresentação de uma linguagem axiomática até uma formalização completa numa linguagem artificial. Assim, poderia classificar o "rigor" das definições que serão dadas nesta seção como médio. Os detalhes sempre poderão ser encontrados nas referências mencionadas. Desse modo, apresentarei a seguir uma ideia esquemática (deixando de lado, portanto, considerações mais rigorosas) do conceito

---

[163] Da qual falarei na seção 5.4.

[164] Intuitivamente, uma categoria é dada por uma coleção de estruturas matemáticas e uma coleção de morfismos entre essas estruturas, satisfazendo certos axiomas. Funtores são certos morfismos entre categorias (cf. KRAUSE, 2002, p. 25, nota 70).

de estrutura matemática e, consequentemente, da noção de modelo (lógico-matemático) e predicado de Suppes, todos formulados dentro da teoria de conjuntos Zermelo-Fraenkel (ZF) – possivelmente acrescida do Axioma da Escolha (ZFC).[165]

Suponhamos que sejam dados os conjuntos $A_1, A_2, ..., A_n$, chamados de *conjuntos base*. Partindo destes, podemos formar outros conjuntos, que terão como elementos os conjuntos de subconjuntos e os conjuntos de subconjuntos do produto cartesiano dos conjuntos dados. Em geral, podemos obter uma *escala* de tipos de conjuntos como a que se segue (com apenas dois conjuntos base A e B, para exemplificar):[166]

$$A \times B, P(A), P(A \times B), P(A \times P(B) \times A), P(P(A))$$

Os elementos dos conjuntos da escala acima podem ser caracterizados por seus *tipos*. Consideremos, a seguir, a definição de tipo de um elemento de uma escala como a acima:

Definição 5.1.1 Chama-se tipo de um conjunto de uma escala de conjuntos de base $A_1, A_2, ..., A_n$ o objeto definido como se segue:

(i) o tipo dos elementos dos conjuntos base $A_1, A_2, ..., A_n$ são respectivamente $a_1, a_2, ..., a_n$, sendo $a_i \neq a_j$ para $i \neq j$;

(ii) o tipo de um elemento de $P(A_i)$ é $\langle a_i \rangle$;

(iii) se os elementos de um conjunto X_i têm tipo x_i, sendo $i = 1, ..., k$, então os elementos do conjunto $X_1 \times ... \times X_k$ têm tipo $\langle x_1, ..., x_k \rangle$.

Suponhamos agora que os elementos dos conjuntos A e B tenham tipos respectivamente a e b. Então os elementos da escala do exemplo acima terão respectivamente os tipos $\langle a, b \rangle$, $\langle a \rangle$, $\langle\langle a, b \rangle\rangle$, $\langle a, \langle b \rangle, a \rangle$ e $\langle\langle a \rangle\rangle$.

---

[165] Seguirei, em parte, da COSTA; FRENCH, 2003, p. 21-60 e KRAUSE, 2002, p. 18-22. Lembro que outras teorias poderiam ser utilizadas, como o cálculo de predicados de segunda ordem – teoria de tipos –, teorias de classes – NBG, por exemplo –, outras teorias de conjuntos – como NF de Quine –, teoria de categorias etc. Em STEINLE, 2006 apresentei uma adaptação da primeira definição de estrutura dada aqui a partir da teoria de quase-conjuntos.

[166] Nunca é demais lembrar que para obter estes objetos dependemos dos axiomas da teoria de conjuntos adotada. Assim, dependendo do que desejamos obter, podemos escolher entre uma ou outra versão dessa teoria (por exemplo, se necessitamos ou não do axioma da escolha etc.).

Dados dois conjuntos A e B, uma *relação binária* entre os elementos desses conjuntos (nessa ordem) é um elemento de $P(A \times B)$, ou seja, um objeto de tipo $\langle\langle a, b\rangle\rangle$.

Para simplificar, consideramos aqui apenas relações finitárias, ou seja, aquelas que têm aridade finita. Neste contexto, uma relação *monádica* é simplesmente um conjunto.[167] Funções podem ser definidas como acima, e elementos constantes são identificados com relações *0*-ádicas.

Dessa maneira, e em um primeiro momento, uma *estrutura* (matemática) pode ser definida como uma sequência finita de conjuntos base – que eventualmente podem ser reduzidos a apenas um, bastando para isso fazer a união dos conjuntos que houver e adaptando os demais conceitos envolvidos – e de relações sobre esses.[168] Tais relações também são conjuntos, portanto, têm tipos fixos de acordo com a definição dada. Consequentemente, por abuso de linguagem, a própria estrutura terá um tipo. Por exemplo, seja $S = \langle A, \leq\rangle$ uma estrutura, onde A é um conjunto não vazio cujos elementos tenham tipo a e $\leq$ uma relação de tipo $\langle\langle a, a\rangle\rangle$ (isto é, $\leq$ é uma relação binária sobre A, ou seja, um conjunto de pares ordenados de elementos de A). Assim, o tipo de $S = \langle A, \leq\rangle$ será $\langle a, \langle\langle a, a\rangle\rangle\rangle$.

Um fato importante deve ser destacado. Na verdade, $S = \langle A, \leq\rangle$ não é uma *única* estrutura, mas uma certa classe delas, ou seja, uma *espécie de estruturas*. Assim, dito de outra forma, uma estrutura é simplesmente uma n-upla ordenada que contém alguns conjuntos base de uma escala de conjuntos que têm por base os conjuntos dados, como segue:

$$E = \langle A_1, A_2, ..., A_k, s_1, ..., s_j\rangle,$$

sendo os A_k conjuntos base da estrutura e os s_j elementos de conjuntos de uma escala baseada nos A_k; tais elementos s_j devem satisfazer os *axiomas da estrutura*, AX_1, ..., AX_n erigidos na linguagem da teoria de conjuntos. Este conceito de estrutura foi posteriormente ampliado através das chamadas “estruturas parciais” por Newton da Costa e Rolando Chuaqui em 1988.[169] É importante observar que a definição de estrutura vista acima contempla apenas estruturas de ordem-1. A

[167] Na verdade, todas as relações, de quaisquer aridade, são conjuntos.
[168] É usual dizer que esses conjuntos base compõem o *domínio* ou *universo* da estrutura.
[169] Falarei mais sobre elas adiante.

segunda definição que veremos mais à frente procura superar esta limitação.

Ainda seguindo essa primeira abordagem, dito de outra forma, uma estrutura é simplesmente um par ordenado $E = \langle A, s_j \rangle$, onde A é um conjunto, o domínio da estrutura, que pode ser a união de outros conjuntos, e s_j denota uma família de relações sobre os elementos de A. Cada relação em s_j tem uma aridade n_i, e se ordenarmos essas relações, a n-upla que indica as suas respectivas aridades indica o *tipo de similaridade* da estrutura.

Sejam agora $E = \langle A, s_j \rangle$ e $F = \langle B, t_j \rangle$ duas estruturas de mesmo tipo de similaridade. Dizemos que elas são *isomorfas* se existe uma aplicação bijetiva f de A em B tal que, para cada relação r_j em E tenhamos que $r_j(a_1,...,a_n)$ se e somente se $w_j(f(a_1), ..., f(a_n))$, sendo w_j a correspondente relação em t_j (para uma definição detalhada, ver da COSTA; RODRIGUES, 2007, §§ 4).

Vejamos, a seguir, o conceito de "predicado de Suppes". Seja L_c a linguagem da teoria de conjuntos. Um predicado em L_c é uma fórmula com uma única variável livre. Suponhamos que P seja um predicado definido da seguinte maneira (sendo X a variável livre):

$$P(X) \leftrightarrow \exists X_1 \ldots \exists X_k \, \exists Y_1 \ldots \exists Y_m \; (X = \langle X_1, ..., X_k, Y_1, ..., Y_m \rangle \wedge AX_1, ..., AX_n).$$

P é satisfeito por estruturas da forma dada acima, onde os AX_n são expressões de L_c que correspondem aos axiomas a que os elementos de X estão sujeitos. Essas estruturas são os *modelos* do predicado dado, denominado posteriormente "predicado de Suppes" (da COSTA; CHUAQUI, 1988).[170] Esses predicados são obtidos em um *modelo* de ZF, se essa for consistente – no caso de Suppes, numa versão ingênua dessa teoria –, o que, segundo Krause, Arenhart e Moraes, pode ser visto como uma abordagem *interna* ao estudo dos modelos.[171] Neste sentido,

[170] A abordagem que da Costa e Chuaqui fazem desses predicados não é exatamente a mesma de Suppes. Como afirmam Krause, Arenhart e Moraes, da Costa e Chuaqui trabalham dentro de uma versão formal, axiomatizada, de ZFC, onde os modelos seguem as definições de Tarski e, em geral, a linguagem empregada não se restringe à de primeira ordem, nem as estruturas são apenas de ordem-1, como no caso da abordagem de Suppes. Cf. da COSTA; CHUAQUI, *op. cit.*. e KRAUSE; ARENHART; MORAES, 2011.

[171] Os autores contrastam duas abordagem aos modelos, uma *interna* e outra *externa*. Em poucas palavras, a primeira trata os modelos "dentro" de ZF, e a segunda "fora" de ZF, na medida em que se discute os próprios modelos de ZF (*ibid.*). Adiante voltarei a falar desta diferença.

afirmam os autores, Suppes pretende com esses predicados fornecer estruturas conjuntistas que “modelam” um domínio científico. A ideia básica é a de que um cientista, ao deparar-se com certo domínio (de objetos físicos) imediatamente também se depara com propriedades e relações entre esses (KRAUSE; ARENHART; MORAES, 2011). A sistematização desses objetos, propriedades e relações é que o levará – mesmo que às vezes não conscientemente – ao conceito de modelo que, por sua vez, poderá (ou não, como mostrarei abaixo) ser entendido no seu sentido lógico-matemático.

Vale observar que este tipo de predicado pode identificar-se com o conceito de “espécies de estruturas” no sentido de Bourbaki. A estrutura E é então denominada uma *estrutura de espécie P*, ou uma P-estrutura. Um predicado de Suppes, portanto, caracteriza uma família de estruturas, que são os modelos dos axiomas AX_n – tal família também pode ser caracterizada por vários predicados equivalentes entre si. Sintetizando, como diz o próprio Suppes, “axiomatizar uma teoria é apresentar um predicado conjuntista” (SUPPES, apud KRAUSE, p. 20-21, nota 55).

Para esclarecer, vejamos a seguir um exemplo da Teoria de Grupos. Informalmente, um grupo é um conjunto não vazio G munido de uma operação binária $*$ satisfazendo os seguintes axiomas:[172]

(GI) $*$ é associativa;

(GII) existe um elemento neutro $e \in G$ e

(GIII) todo elemento $x \in G$ admite um inverso $x^{-1} \in G$.

Na teoria ZF, podemos dizer que um grupo G é um par ordenado $\langle G, *\rangle$, onde $G \neq \varnothing$ e $* \in \mathrm{P}(G \times G \times G)$, e os seguintes axiomas são satisfeitos, para todo x, y e z em G:[173]

(G1) $\forall x \forall y \forall z(x * (y * z) = (x * y) * z)$;

(G2) $\exists e(e \in G \wedge \forall x(x \in G \rightarrow x * e = e * x = x))$ e

[172] Isto é, $* : G \times G \mapsto G$.

[173] Lembro que, se os elementos de G têm tipo a, então e tem tipo a; x, y, z... têm tipo a e $*$ tem tipo $\langle\langle a, a, a\rangle\rangle$.

(G3) $\forall x(x \in G \rightarrow \exists x'(x' \in G \wedge x * x' = x' * x = e))$

O predicado de Suppes correspondente será:

$G(X) =_{def.} \exists G \exists *(X = \langle G, * \rangle \wedge G \neq \varnothing \wedge * \in \mathrm{P}(G \times G \times G) \wedge \forall x \forall y \forall z((x * (y * z) = (x * y) * z) \wedge \exists e(e \in G \wedge \forall x(x \in G \rightarrow x * e = e * x = x)) \wedge \exists' x(x' \in G \wedge x * x' = x' * x = e)))$.

Os modelos desse predicado – por exemplo, a estrutura $R = \langle \Re, + \rangle$, onde $\Re$ é o conjunto dos números reais e + a adição usual de reais – são os grupos; assim, fornecer o predicado é caracterizar os grupos.[174] Dessa maneira, para sabermos se uma proposição da linguagem da teoria de grupos – por exemplo, $\forall x \forall y \forall x(x * z = y * z \rightarrow x = y)$ – é verdadeira numa certa interpretação, devemos recorrer à verdade de Tarski, via teoria de conjuntos.[175] Em geral, podemos então dizer que um modelo (lógico-matemático) é uma estrutura que torna seus axiomas verdadeiros. Em outras palavras, um modelo (lógico-matemático) é uma estrutura $M = \langle U, I \rangle$, sendo I uma função interpretação que dá nomes aos indivíduos de U e especifica a extensão dos predicados e relações pertencentes à linguagem na qual estivermos trabalhando, por exemplo, a do cálculo de predicados.[176]

Uma observação é importante. Existem diferenças em falar-se de um modelo construído dentro – a partir – de ZF e um modelo *de* ZF. Ou seja, a teoria ZF, por sua vez, também possui modelos, se consistente, mas eles obviamente não podem ser os conjuntos que satisfazem os axiomas de ZF (KRAUSE, 2010, p. 68).[177] Em especial, ZF possui modelos "*não-standard*".[178] Assim, se não deixamos claro que estamos

[174] Outros exemplos em biologia, mecânica de partículas e na mecânica quântica são dados em KRAUSE, *op. cit.*, § 2. Vale ainda observar que a maioria desses modelos são abstratos, não tendo, a princípio, qualquer compromisso com aplicações (KRAUSE, 2010, p. 36).

[175] Para como isso pode ser feito, ver, por exemplo, TARSKI, 2007, § 1.

[176] Lembro que estamos falando de modelos *em* ZF, e não *de* ZF. Modelos em ZF são conjuntos, mas modelos de ZF (se consistente) não são; a seguir explico isso melhor. Outra observação importante: Krause, Arenhart e Moraes (*op. cit.*) salientam que os sentidos de "modelo" de um predicado conjuntista como o acima e "modelo" no sentido dos lógicos, de uma estrutura satisfazendo certos axiomas, não são exatamente os mesmos.

[177] Para mais detalhes sobre esta afirmação e sobre o conceito de consistência de ZF, ver KRAUSE, *op. cit.*, pp. 56-63.

[178] Como afirma Krause, "por 'modelo não standard' entende-se um modelo tal que pelo menos uma das características seguintes seja verificada (tal caracterização foi dada por L. Henkin em 1947):

trabalhando dentro de um modelo *standard* de ZF, qualquer teoria fundada nela pode também possuir modelos "*não-standard*". Isto quer dizer que, se não sabemos em qual modelo de ZF estamos trabalhando, nunca saberemos também o que os conceitos significam, o que torna a interpretação de uma estrutura em ZF algo mais delicado do que possa parecer à primeira vista. Segundo Krause, essa diferença geralmente é ignorada pelos filósofos da ciência, e pode levar a confusões (KRAUSE, 2010, 69). Com efeito, a maioria dos cientistas, como físicos, ignoram que, se consistente, ZF de primeira ordem terá modelo enumerável (por força do teorema de Löwenheim-Skolem) e que, neste modelo, aquilo que representa o conjunto R dos números reais será enumerável (KRAUSE, 2002, p. 114; KRAUSE; ARENHART; MORAES, 2011).[179]

A linguagem L_c de ZF que mencionamos acima é uma linguagem de primeira ordem, mas ela é tão forte que pode ser utilizada para construir linguagens de ordem superior e estruturas que não são de ordem-1. No início da seção, disse que apresentaria duas definições de estrutura matemática. Apresento abaixo a definição de estrutura elaborada por da Costa e Rodrigues. Essa definição tem a vantagem de não restringir-se a estruturas de ordem-1 como as vistas acima, ou seja, aquelas onde as relações se dão apenas entre indivíduos. Segundo esses autores, muitas teorias científicas – na verdade, a maioria delas –, quando formalizadas, mostram que estruturas de ordem superior são mais convenientes de trabalhar-se do que as de ordem-1, o que exige uma definição precisa daquelas. Comecemos com as seguintes definições:[180]

Definição 5.1.2 (*tipos*) O conjunto T de tipos é o menor conjunto que satisfaz as seguintes condições:

(i) $i \in T$ (i é o tipo dos indivíduos)

i) A relação no modelo que representa a igualdade na teoria considerada (no caso, em NF) [no nosso, ZF] não é a identidade entre os objetos do modelo.

ii) Aquela porção do modelo que supostamente representa os números naturais da teoria não é bem-ordenada pela relação $\leq$.

iii) Aquela porção do modelo que supostamente representa os números ordinais da teoria não é bem-ordenada pela relação $\leq$." (KRAUSE, 2002, p. 174)

[179] Segundo Krause, isso traria problemas à física usual, talvez mostrando que não podemos fazer a física comum em tal modelo, pois precisamos de R "*full*" (ao que tudo indica), ou seja, os reais como os entendemos (não-enumeráveis). Esses não podem ser axiomatizados em primeira ordem. Cf. discussão privada.

[180] No que segue, seguirei da COSTA; RODRIGUES, 2007 e KRAUSE, 2010, §§ 6.1

(ii) se $t_1, \ldots, t_n \in T$, então $\langle t_1, \ldots, t_n\rangle \in$ T

Desse modo, i, $\langle i\rangle$, $\langle i, i\rangle$, $\langle\langle i\rangle, i\rangle$, $\langle\langle i\rangle\rangle$ são tipos. Intuitivamente, temos, nesta sequência, tipos para indivíduos, conjuntos ou propriedades de indivíduos, relações binárias entre indivíduos, relações binárias cujos *relata* (relacionados) são propriedades de indivíduos e indivíduos e, por fim, tipos para propriedades de propriedades de indivíduos.

Definição 5.1.3 (*ordem de um tipo*) A ordem de um tipo, Ord(t), é definida assim:

(i) Ord(i) = 0

(ii) Ord($\langle t_1, \ldots, t_n\rangle$) = max{Ord ($t_1$), …, Ord($t_n$)} + 1.

Assim, Ord($\langle i\rangle$) = Ord($\langle i, i\rangle$) = 1, enquanto Ord($\langle\langle$i, $\langle i\rangle\rangle$) = 2. Relações serão coleções de n-uplas ou constituídas de elementos finitos.

Definição 5.1.4 (*ordem de uma relação*) A ordem de uma relação é a ordem dos tipos de seus elementos.

Relações binárias entre indivíduos são relações de ordem-1 etc. A seguir, a definição de uma função t_D

Definição 5.1.5 (*escala baseada em D*) Se D é um conjunto, então:

(i) $t_D(i) = D$

(ii) se $t_1, \ldots, t_n \in T$, então $t_D(\langle t_1, \ldots, t_n\rangle) = \mathrm{P}(t_D(t_1) \times \ldots \times t_D(t_n))$.

(iii) a escala baseada em D é a união da imagem de t_D, e é denotada por $\varepsilon(D)$.

Seja $t = \langle t_1, \ldots, t_n\rangle \in T$, com t $\neq 0$. Os elementos de $t_D(t)$ são relações de grau ou ordem (*rank*) n. Uma relação binária em D, por exemplo, é um elemento de $t_D(\langle i, i\rangle) = P(t_D(i) \times t_D(i)) = P(D \times D)$. Pela última definição acima, o tipo de uma relação binária em D será $\langle i, i\rangle$. Se $n = 1$, temos uma relação unária, uma propriedade ou conjunto de indivíduos de D; indivíduos distinguidos de D, por sua vez, são relações de ordem-0. Dadas estas noções, vejamos finalmente a definição de estrutura:

Definição 5.1.6 (*estrutura*) Uma estrutura F baseada em um conjunto D é um par ordenado

$$F = \langle D, r_\iota \rangle,$$

onde $D \neq \varnothing$ e r_ι representa uma sequência de relações de grau n pertencentes a $\varepsilon(D)$. Estas relações são chamadas de elementos primitivos da estrutura. Podemos ter também estruturas de ordem infinita. Seja k_D o cardinal associado a F, definido assim:

$$k_D = \sup\{|D|, |\mathrm{P}(D)|, |\mathrm{P}^2(D)|, ...\},$$

sendo $|X|$ o cardinal do conjunto X, então, se k_D é um cardinal infinito, podemos construir em $\varepsilon(D)$ todos os ordinais menores que k_D.[181]

Definição 5.1.7 (*ordem de uma estrutura*) Sendo $F = \langle D, r_\iota \rangle$ uma estrutura, sua ordem, Ord (F), é definida assim: se existe uma maior ordem de relações em r_ι, então a ordem da estrutura é essa maior ordem, caso contrário, é ω.[182]

Por exemplo, se as relações da estrutura têm como *relata* indivíduos de D, então a estrutura é de ordem-1 – é o que acontece, por exemplo, com a estrutura de grupo; por outro lado, se os *relata* das relações da estrutura são subconjuntos de elementos de D ou propriedades de indivíduos (nos contextos extensionais), então a estrutura é de ordem-2. Em geral, podemos ter uma estrutura de ordem-n, com $n \in \omega$.

Segundo Krause, geralmente as estruturas mencionadas pelos filósofos da ciência são estruturas de ordem-1, que são aquelas encontradas na teoria tradicional de modelos (KRAUSE, 2010, p. 73). Como muitos desses filósofos, como mostrarei na próxima seção, inspiram-se na teoria de modelos para sustentar sua abordagem semântica às teorias científicas, isso resulta em que a própria abordagem semântica em geral se restringe a estruturas desta ordem. Para Krause, porém, estruturas de ordem superior são mais convenientes para tratar das ciências empíricas e da matemática. É importante salientar uma vez

---

[181] Esses ordinais devem ser entendidos num sentido preciso. Ver da COSTA; RODRIGUES, 2007.

[182] ω é o primeiro ordinal limite.

mais que não podemos confundir o fato de a teoria de conjuntos Zermelo-Fraenkel ser construída numa linguagem de primeira ordem (a linguagem do cálculo de predicados) com a ordem das *estruturas* que são nela erigidas. O que as definições acima mostram, portanto, é que podemos ter estruturas de ordem-*n* construídas em uma linguagem de primeira ordem (*op. cit.*, p. 74).

A primeira definição de estrutura que vimos nesta seção pode, segundo da Costa e Rodrigues, ser reduzida ao esquema apresentado por eles (da COSTA; RODRIGUES, 2007). Podemos dizer, portanto, que a segunda definição é mais abrangente que a primeira, e que numa abordagem semântica às teorias científicas seria mais interessante que a segunda concepção, e não a primeira, fosse a utilizada.[183]

Além das definições acima, da Costa e Rodrigues oferecem diversos conceitos de grande relevância para a análise filosófica da lógica e matemática. Infelizmente, não é possível abordá-los aqui, mas o artigo é recomendado a todos que se dedicam a essa área.

5.2 ESTRUTURAS PARCIAIS E QUASE-VERDADE

O primeiro conceito de estrutura visto na seção anterior foi, posteriormente, estendido por da Costa e colaboradores para abranger as chamadas *estruturas parciais*.[184] Deixando de lado os detalhes formais, uma estrutura parcial (de primeira ordem ou ordem-1) pode ser representada da seguinte maneira.[185] A partir da estrutura $E = \langle A_1, A_2, ..., A_k, s_1, ..., s_j \rangle$ definida acima, podemos simplificar a notação escrevendo $S = \langle A, R_i \rangle_{i \in I}$ onde A é a união dos conjuntos $A_1, A_2, ..., A_k$ e R_i, com $i \in I$, uma família de relações definidas sobre A. Seja $A \neq \varnothing$ e R uma relação binária, apresentada pela tripla ordenada $\langle R_1, R_2, R_3 \rangle$, onde R_1, R_2 e R_3 são conjuntos mutuamente disjuntos tal que $R_1 \cup R_2 \cup R_3 = A^2$. Do ponto de vista conjuntista, podemos interpretar R_1 como sendo o conjunto de pares ordenados que satisfazem aquelas sentenças

---

[183] Este ponto é muito bem explorado por Krause, Arenhart e Moraes, 2011. No próximo capítulo volto a falar dele no contexto do realismo estrutural ontológico.

[184] O texto pioneiro sobre estruturas parciais e quase-verdade é MIKENBERG; da COSTA; CHUAQUI, 1986, seguido de da COSTA; CHUAQUI, 1988; estes conceitos foram posteriormente desenvolvidos em diversos textos por diversos autores, alguns mencionados abaixo. Observo que estes conceitos poderiam, em princípio, ser desenvolvidos a partir do segundo conceito de estrutura que vimos acima. Para simplificar, porém, apresento-os a partir da visão tradicional de estrutura apresentada no início da seção anterior.

[185] Seguirei aqui especialmente as formulações apresentadas em FRENCH, 2000; BUENO; FRENCH; LADYMAN, 2002 e da COSTA; FRENCH, 2003, p. 19.

expressando as relações entre as entidades consideradas, R_2 é o conjunto de pares ordenados que não satisfazem tais sentenças e R_3 é o conjunto de pares ordenados para as quais não se sabe – isto é, não está definido – se satisfazem ou não tais sentenças – obviamente, se $R_3 = \varnothing$, pode ser identificada com R_1 (da COSTA; FRENCH, 2003, p. 19).[186] Assim, se R_i é uma família de relações parciais sobre A, então $Q = \langle A, R_i \rangle_{i \in I}$ é uma estrutura parcial. Uma estrutura parcial Q pode então ser estendida à uma estrutura total através das chamadas estruturas Q-normais, onde a estrutura $T = \langle A', R'_i \rangle_{i \in I}$ é dita ser Q-normal se:

(i) $A = A'$;

(ii) cada constante da linguagem em questão é interpretada pelo mesmo elemento, tanto em Q como em T; e

(iii) R'_i estende a relação correspondente R_i, no sentido que cada R'_i é definida para a mesma n-upla de elementos do domínio.

Outro conceito importante nessa abordagem é o de *isomorfismo parcial*. Sejam $Q = \langle A, R_i \rangle_{i \in I}$ e $Q' = \langle A', R'_i \rangle_{i \in I}$ duas estruturas parciais erigidas na linguagem de ZF, onde R_i e R'_i são relações parciais como definido acima, com $R_i = \langle R_1, R_2, R_3 \rangle$ e $R'_i = \langle R'_1, R'_2, R'_3 \rangle$, então uma função parcial $f : A \mapsto A'$ é um isomorfismo parcial entre Q e Q' se:

(i) f é bijetiva e

(ii) para todo x e y em A, R_1xy se, e somente se, $R'_1 f(x) f(y)$ e R_2xy se, e somente se, $R'_2 f(x) f(y)$.[187]

Como veremos abaixo, de acordo com a abordagem semântica (*model-theoretic*), uma teoria pode ser apresentada em termos de uma família de modelos. Introduzindo estruturas parciais nessa abordagem, podemos capturar, de uma maneira rigorosa, a "abertura" (*openness*) das teorias

---

[186] Aplicando isso à filosofia da ciência, intuitivamente, por um lado, tais relações podem representar a "parcialidade" ou "incompletude" da nossa informação sobre as relações atuais entre os elementos de A, do lado do nível empírico; do outro lado, a maneira que podemos representar o fenômeno de nossos modelos teóricos (FRENCH, *op. cit.*; BUENO; FRENCH; LADYMAN, *op. cit.*).

[187] Se $R_3 = R'_3 = \varnothing$, então as estruturas são "totais" e, portanto, temos o conceito usual de isomorfismo.

científicas para novos desenvolvimentos, onde essa “abertura” é expressa em termos daqueles membros de R_i para os quais não se sabe (não está definido) se eles pertencem ao domínio ou não. Além disso, para French, as estruturas parciais permitiriam uma descrição unitária dos vários tipos de modelos usados em ciência – por exemplo, icônico, analogia, teórico etc.[188] Segundo esse filósofo, a classificação dos modelos icônicos feita por Mary Hesse em analogias “positivas”, “negativas” e “neutras”, por exemplo, adequa-se muito bem dentro das R_1, R_2 e R_3 da representação das estruturas parciais (FRENCH, *op. cit.*; BUENO; FRENCH; LADYMAN, *op. cit.*; da COSTA; FRENCH, 2003, § 3).

Analogias entre, digamos, um gás “clássico” e uma reunião de bolas de bilhar, dão-se através de uma correspondência entre estruturas formais que não pode ser a de “identidade” ou isomorfismo, classicamente entendidas. Mais especificamente, relações intra-modelos deveriam ser representadas em termos de uma correspondência entre subfamílias de famílias relevantes de relações. Assim, considerando essas famílias como um todo, a relação entre estruturas é mais acuradamente caracterizada em termos de isomorfismos parciais. Desse modo, dois modelos, por exemplo, podem ser relacionados não por inclusão, mas pela noção mais fraca de isomorfismo parcial, que captura a ideia de que eles podem compartilhar *partes* de sua estrutura (FRENCH, 2000). Por exemplo, a hierarquia de modelos de Suppes (1962) – modelos de dados, de instrumentação, de experimento – que vai do nível fenomênico ao teórico, pode ser representada em termos de estruturas parciais da seguinte maneira:

$$
\begin{gathered}
Q_n = \langle A_n, R_{ni}, f_{nj} \rangle_{i \in I, j \in J} \\
Q_{n\text{-}1} = \langle A_{n\text{-}1}, R_{n\text{-}1i}, f_{n\text{-}1j} \rangle_{i \in I, j \in J} \\
\cdots \\
Q_3 = \langle A_3, R_{3i}, f_{3j} \rangle_{i \in I, j \in J} \\
Q_2 = \langle A_2, R_{2i}, f_{2j} \rangle_{i \in I, j \in J} \\
Q_1 = \langle A_1, R_{1i}, f_{1j} \rangle_{i \in I, j \in J}
\end{gathered}
$$

onde cada R_{li} é uma relação parcial da forma $\langle R_{l1}, R_{l2}, R_{l3} \rangle$ e para cada l, $1 \leq l \leq n$ temos que $card(R_{l3}) > card(R_{(l+1)3})$, onde ‘*card*’ representa a cardinalidade do conjunto.[189] As relações parciais são então estendidas

[188] Falarei deles na seção 5.4

[189] É importante observar, todavia, que só há aumento de cardinalidade se o conjunto for finito.

na medida em que “sobem” na hierarquia, no sentido em que para cada nível, as relações parciais que não estavam definidas no nível anterior se tornam definidas no nível “acima”, com seus elementos pertencendo ou a R_1 ou a R_2 (BUENO; FRENCH; LADYMAN, 2002). Isso nos permitiria, segundo Bueno, French e Ladyman, responder a certas críticas à abordagem semântica que têm se concentrado na função do isomorfismo no chamado nível “vertical” das teorias, como acontece no contexto das relações entre modelos e dados, bem como acomodar as inter-relações entre estruturas matemáticas e físicas no chamado nível “horizontal” (*ibid*.).

French também afirma que esse suporte (*framework*) das estruturas parciais permitira capturar: 1) as inter-relações “horizontais” entre teorias, provendo, assim, um suporte conveniente para o entendimento da construção e mudança das teorias científicas; e também 2) as relações “verticais” entre estruturas teóricas e modelos de dados, acomodando, em particular, a função das idealizações (FRENCH, 2000). A situação torna-se um pouco diferente, todavia, quando consideramos as inter-relações entre uma teoria matemática e uma científica (ou seja, das ciências empíricas). Se a relação entre a matemática e a física é representada em termos de uma *imersão* (*embedding*) da teoria científica dentro da estrutura matemática, isso dá à teoria acesso a estruturas matemáticas “excedentes” (*surplus*), o que pode representar uma função essencial no desenvolvimento futuro da teoria.[190] Bueno tem sugerido que essa noção de estrutura “excedente” pode ser capturada se, do lado matemático, introduzirmos uma família de estruturas. A questão passa a ser, então, como representar as relações entre os membros de tal família e a família em si mesma, e uma teoria científica. Segundo French, quanto ao último, o que é importante é a “importação” das estruturas relevantes da família, e isso pode ser representado através de um *homomorfismo parcial*. Sejam $Q = \langle A, R_i \rangle_{i \in I}$ e $Q' = \langle A', R'_i \rangle_{i \in I}$ estruturas parciais, sendo que cada R_i é da forma $\langle R_1, R_2, R_3 \rangle$, e cada R'_i é da forma $\langle R'_1, R'_2, R'_3 \rangle$. Dizemos que f: $A \mapsto A'$ é um homomorfismo parcial de Q em Q' se, para cada x e y pertencentes a A, temos:

(i) $R_1 xy \mapsto R'_1\, f(x)\, f(y)$ e

(ii) $R_2 xy \mapsto R'_2 f(x)\, f(y)$.

[190] Já falei dessas estruturas no contexto da subdeterminação na seção 2.3.

É também possível introduzir *funções parciais* nas estruturas parciais consideradas, isto é, funções que não estão necessariamente definidas para cada valor de seus argumentos. Assim, se $Q = \langle A, g, R_i \rangle_{i \in I}$ e $Q' = \langle A', g', R'_i \rangle_{i \in I}$ são estruturas parciais, onde g e g' são funções parciais (sendo $g : A \times A \mapsto A$ e $g' : A' \times A' \mapsto A'$), dizemos que que $f : A \mapsto A'$ é um homomorfismo parcial de Q em Q' se, não apenas (i) e (ii) acima, para cada x e y em A, mas também (iii) $f(g(x, y)) = g'(f(x), f(y))$, para cada x e y pertencentes a A, onde g é definida (BUENO; FRENCH; LADYMAN, 2002).

Como observa French, há ainda dois pontos importantes a serem considerados. Primeiro, geralmente acontece de a teoria matemática sob consideração estar aberta a desenvolvimentos futuros, assim como as teorias científicas. Neste caso, a representação apropriada da matemática seria também via estruturas parciais. Em segundo lugar, a "completa" noção de homomorfismo não seria adequada nesse contexto devido às idealizações que estão fundamentalmente envolvidas na aplicação da matemática à ciência (FRENCH, 2000). Bueno, French e Ladyman, todavia, sugerirão que apenas os componentes *relevantes* da estrutura são tipicamente importados do reino matemático ao científico, esses componentes sendo representados por R_1 e R_2 acima. Vamos tentar entender um pouco melhor este ponto. Como vimos no capítulo anterior, o empirismo construtivo afirma, *grosso modo*, que o objetivo da ciência é a busca por teorias empiricamente adequadas. Como se sabe, no entanto, ambos, realistas e antirrealistas, concordam que as teorias científicas deveriam ser empiricamente adequadas[191], e essa adequação tem sido famosamente caracterizada por van Fraassen em termos de isomorfismo: para ser empiricamente adequada, uma teoria científica deve ter pelo menos um modelo tal que todas as aparências – as estruturas descritas nos relatórios experimentais – sejam isomorfas às subestruturas empíricas desse modelo – ou seja, às estruturas teóricas que representam o fenômeno observável. Essa noção vem sendo criticada, todavia, tanto por ser restritiva demais, quanto por ser abrangente em demasia. Ela seria abrangente demais porque, dadas duas estruturas com a mesma cardinalidade, poderá existir isomorfismo entre elas. A saída então seria rejeitar aquelas estruturas que não são, em certo

[191] O que eles discordam, na verdade, é que essa adequação empírica deva ser o *objetivo* da ciência. Isto é, o realista científico (tradicional), *grosso modo*, afirmará que a verdade – ou a verdade aproximada – é que é o objetivo da ciência, dando assim um "passo além" do empirista.

sentido, interessantes. Por outro lado, essa descrição seria restritiva demais, pois teria havido casos na história da ciência onde teorias científicas foram consideradas empiricamente adequadas, não obstante não ter existido nenhum isomorfismo entre as aparências e as subestruturas empíricas dessas teorias (BUENO; FRENCH; LADYMAN, *op. cit.*).

No caso do primeiro problema, o uso de isomorfismos parciais, em vez do isomorfismo "padrão", foi apontado como sendo mais adequado para lidar com as relações entre as aparências e as estruturas teóricas, o que iluminaria as considerações heurísticas no nível da busca por teorias (*theory pursuit*), "resolvendo" o problema da abrangência (*ibid.*). Como apontaram os autores mencionados acima, em poucas palavras, a ideia seria a de que alguns isomorfismos "desinteressantes" para a teoria poderiam ser rejeitados sob o argumento de que eles não representariam apropriadamente as relações entre os componentes R_1 e R_2 das relações parciais encontradas nas aparências e sua "contraparte" teórica. Eles mapeariam "inapropriadamente" as relações das primeiras dentro das segundas. Essa noção crucial de "inapropriação" seria essencialmente *pragmática*, dependendo de certos objetivos e expectativas.

Assim, além de requisitos puramente formais para o isomorfismo entre aparências e as subestruturas empíricas, considerações pragmáticas determinariam quais deles seriam interessantes ou apropriados. Desse modo, embora possa haver isomorfismos entre as duas estruturas, nem todos eles serão interessantes ou apropriados (*ibid.*).[192] No que diz respeito à segunda questão, uma noção de adequação empírica mais "estrita", também baseada em isomorfismos parciais – permitindo, assim, um "ajuste" da descrição empírica com os registros da prática científica –, foi primeiramente proposta por Bueno (por exemplo, BUENO, 1999, parte II). Posteriormente, porém, Bueno, French e Ladyman assumiram que o uso de isomorfismo para caracterizar a noção de adequação empírica é *inapropriado*. Isso porque foi argumentado que a cardinalidade dos domínios das subestruturas empíricas e o dos modelos de fenômenos geralmente não a mesma – sendo esses domínios geralmente de cardinalidade finita. Para que possa haver isomorfismo entre estruturas, entretanto, sabemos que é necessário que a cardinalidade do domínio das estruturas envolvidas seja

[192] Segundo French, a abordagem dos isomorfismos parciais juntamente com a noção de analogia de Hesse nos permitiria delinear as espécies de considerações que são tipicamente feitas na rejeição dos isomorfismos "desinteressantes" e "impraticáveis" (FRENCH, *op. cit.*).

a mesma. Este argumento, chamado pelos autores de "objeção da cardinalidade", tornaria a noção de adequação empírica, formulada em termos de isomorfismo, inaceitável (*ibid.*).

A saída então seria, como comentado anteriormente, adotar uma noção de homomorfismo parcial – no lugar de isomorfismo parcial – juntamente com a de uma hierarquia de modelos, para representar adequadamente as relações entre as aparências e as subestruturas empíricas de um modelo da teoria científica. Da mesma forma, poderíamos representar as inter-relações entre os membros de uma família de estruturas matemáticas e a família em si mesma, e uma teoria científica. A "objeção da cardinalidade", portanto, seria aparentemente superada, já que a noção de homomorfismo não requer equicardinalidade dos domínios das estruturas. Os autores acreditam que, em termos deste suporte, podemos acomodar a hierarquia de estruturas na ciência, do "alto" nível da matemática, para o chamado nível fenomenológico (*ibid.*).

Para encerrar esta seção, menciono – e apenas isso – agora um conceito diretamente relacionado ao de estrutura parcial, o de quase-verdade. Newton da Costa e colaboradores têm proposto que em ciências (empíricas) a noção de quase-verdade é mais apropriada que a de verdade *simpliciter*.[193] Dentro desse programa, a ciência pode ser melhor compreendida em termos da busca por teorias quase-verdadeiras; teorias que, no máximo, descrevem parcialmente os fenômenos para os quais estão voltadas, mas não capturam, em cada detalhe, todos seus traços. A noção de quase-verdade – ou verdade pragmática, como é às vezes chamada – é de fato uma generalização, via estruturas parciais, da noção de "verdade em uma estrutura" de Tarski; portanto, surgiu de um programa em fundamentos da lógica e da matemática, mas que foi estendido aos fundamentos da física e à filosofia da ciência em geral (da COSTA; FRENCH, *op. cit.*, § 1).

A partir da definição de estruturas parciais e de coleções de proposições básicas – ou verdadeiras ou falsas de acordo com a teoria da verdade como correspondência – e de proposições complexas obtidas a partir dessas, pode-se definir o conceito de quase-verdade ou verdade pragmática de uma proposição por um processo semelhante ao utilizado por Tarski. Neste sentido, em poucas palavras, dizemos que uma

[193] Ver, por exemplo, MIKENBERG; da COSTA; CHUAQUI, 1986, da COSTA; CHUAQUI, 1988 e da COSTA; FRENCH, 2003, § 1. Esse último possui vasta referência bibliográfica sobre o assunto. No que segue, apresento apenas uma ideia geral dessa teoria; um tratamento mais detalhado estenderia muito esta tese.

proposição *p* é quase-verdadeira ou pragmaticamente verdadeira numa determinada estrutura se tudo se passa nessa estrutura *como se p* fosse verdadeira de acordo com a teoria correspondencial. Em outros termos, uma proposição *p* é quase-verdadeira num domínio se, e somente se, "salva as aparências" desse domínio, ou seja, se funciona (daí seu caráter pragmático).

Mais precisamente, uma proposição *p* de uma linguagem conveniente *L* é quase-verdadeira em uma estrutura parcial *Q* – como definida acima – se essa estrutura puder ser estendida a uma estrutura *Q*-normal *T* de modo que *p* seja verdadeira no sentido tarskiano em *T*. Como vimos anteriormente, numa estrutura parcial Q, algumas relações são parciais; se essas relações parciais puderem tornar-se "totais", ou seja, se a estrutura parcial puder ser estendida a uma estrutura total, então o conceito tradicional de verdade (de Tarski) se aplica a elas. Para encerrar este breve comentário sobre a verdade parcial, vale ainda observar que, segundo essa visão, uma teoria (científica) pode então ser encarada como parcialmente verdadeira, mesmo sendo também parcialmente falsa. O exemplo usando frequentemente é o da teoria ptolomaica: embora não possa ser considerada atualmente – por motivos óbvios – completamente verdadeira, da Costa defende que ela é, foi e sempre será parcialmente verdadeira, pois, para certos propósitos, ela mantém sua utilidade.

5.3 MODELOS E ABORDAGEM SEMÂNTICA ÀS TEORIAS CIENTÍFICAS

Segundo Wilfrid Hodges, "modelar" um fenômeno é construir uma teoria – às vezes formal – que o descreva e explique. Podemos também, num sentido semelhante, falar de um modelo de um sistema ou estrutura (não-matemática) dando uma descrição dele (HODGES, 2009). Estes sentidos de "modelo" são distintos do sentido apresentado na seção anterior, onde, em poucas palavras, um modelo (lógico-matemático) era uma interpretação de uma estrutura. O sentido de "modelo" usado acima, porém, não é o de uma estrutura lógico-matemática, mas de uma *teoria* (em geral, formalizada). Além destes dois sentidos de "modelo", há muitos outros. O filósofo Patrick Suppes certa vez afirmou, como veremos com mais detalhes abaixo, que os diferentes usos do conceito de "modelo" em ciência podem ser reduzidos ao sentido lógico-matemático de modelo. Existem, todavia, filósofos que não pensam como Suppes, e sustentam que certos sentidos do conceito de “modelo” utilizados em ciência não podem ser reduzidos ao sentido lógico-matemático. No que segue, farei uma breve apresentação dos principais usos que este conceito tem em ciência, em particular, nas ciências não-formais.

5.3.1 Modelos científicos

A partir do que foi visto logo acima, talvez a primeira (e em princípio desanimadora) coisa que possamos falar acerca do termo “modelo” é que ele é bastante ambíguo; não há um sentido uniforme usado pelos filósofos ou cientistas. Dentre os diversos sentidos, em especial, interessar-nos-á aqui os conceitos de “modelo científico”, tanto aqueles advindos das ciências formais – lógica e matemática, dos quais já tivemos uma noção na seção anterior – quanto aqueles advindos das ciências não-formais, em particular, as ciências naturais – física, química, biologia, astronomia etc.[194] Assim, “modelo” às vezes é concebido como uma interpretação de uma estrutura lógico-matemática, mas muitas vezes é também concebido dentro de uma ciência natural como “analogia”, “ícone”, “simulacro” etc. Em poucas palavras, como analogia, um modelo é considerado uma representação de algum objeto, comportamento ou sistema que queremos compreender; enquanto ícone, modelo pode ser interpretado (de acordo com Frederick Suppe, por exemplo) como um modelo *de* alguma coisa ou tipo de coisa, ele é um *ícone* daquilo que modela, ou seja, é estruturalmente similar (isomorfo) àquilo que ele modela; modelo como simulacro (no sentido de Nancy Cartwright) são vistos como *réplicas*, idealizações que replicam ou copiam a realidade, sendo encarados como obras de ficção, onde suas propriedades podem ser reais, mas geralmente são propriedades dadas por convenção, não sendo necessariamente propriedades encontradas em situações reais.

Como assinala Jeffrey Koperski, em muitos casos, modelos são considerados dispositivos meramente heurísticos, que atualmente são tomados como indispensáveis para a ciência moderna. Há muitos tipos diferentes de modelos usados em diversas disciplinas científicas, embora, como vimos, não haja uma terminologia uniforme para classificá-los. Koperski afirma que os mais conhecidos são os modelos

---

[194] No que se segue, usarei apenas a palavra ‘modelo’, omitindo ‘científico’. Fica estipulado que sempre a utilizarei no sentido de “modelo científico”. Sobre os vários significados e usos do termo “modelo” – muitos dos quais veremos nesta e na próxima seção –, ver SUPPES, 1960.

físicos, tais como réplicas em escala de pontes ou de aviões. Esses, como a maioria dos modelos físicos, são usados por causa de suas "analogias" em relação aos "originais" dos quais são modelos (KOPERSKI, 2006).[195] Um modelo de avião em escala, por exemplo, tem uma semelhança estrutural ou "analogia material" em relação ao avião original. Essa correspondência permite que os engenheiros infiram propriedades dinâmicas do avião com base em experimentos em túneis de vento, por exemplo, utilizando a réplica (*ibid*.). Os modelos físicos também abarcam representações abstratas que incluem frequentemente idealizações, tais como planos sem atrito e massas pontuais. Como afirma Koperski, outro tipo completamente diferente de modelo é constituído por um conjunto de equações. Esses são modelos matemáticos que nem sempre foram considerados legítimos pelos filósofos, já que em certo sentido se afastam – como analogia material – das coisas das quais são modelos. Em geral, as relações entre modelo-modelado (*model-to-subject*) e modelo-modelo (*model-to-model*) são descritas usando-se vários tipos de analogias: positiva, negativa, neutra, material e formal (*ibid*.).[196]

Como no caso das entidades inobserváveis, o estatuto ontológico dos modelos – em especial, dos não-materiais, às vezes chamados de "teóricos" ou "formais" – têm sido objeto de debate entre realistas científicos e antirrealistas.[197] Segundo Koperski, uma tomada de posição muitas vezes depende do que se considera como sendo os "portadores de verdade" na ciência. Aqueles que tomam as leis fundamentais e/ou teorias como sendo verdadeiras, acreditam que os modelos (teóricos) são "verdadeiros" na proporção inversa ao grau de uso de idealizações em suas elaborações. Modelos (teóricos) altamente idealizados, portanto, seriam (em algum sentido) menos "verdadeiros". Outros tomam modelos (teóricos) como verdadeiros apenas na medida em que descrevem o comportamento de sistemas empiricamente observáveis. Este empirismo leva alguns a acreditar que os modelos construídos ascendentemente ou de baixo para cima (*bottom-up*) são realistas, enquanto os derivados de uma maneira descendente ou de cima para baixo (*top-down*) de leis abstratas não são (*ibid*.).[198]

---

[195] Esta seção seguirá de perto o referido artigo. Minha intenção é mostrar que há diferentes usos da palavra 'modelo', e confundi-los não raras vezes leva a mal-entendidos.
[196] Abaixo explicarei melhor essas relações.
[197] Esta distinção entre modelos materiais e modelos não-materiais será melhor abordada abaixo.
[198] Voltarei a esta questão no próximo capítulo quanto for tratar dos objetos nomológicos.

Os modelos também desempenham um papel fundamental na visão semântica de teorias. Tradicionalmente, o que conta como um modelo nesta abordagem, no entanto, está mais intimamente relacionado ao sentido de modelos em lógica e matemática – como vimos na seção anterior – do que na própria ciência.

Como enfatiza Koperski, o uso de modelos em ciência foi um tema negligenciado pelos filósofos em grande parte do século XX. A atenção estava voltada principalmente para a natureza das teorias científicas e as leis. Com exceção de alguns filósofos na década de 1960, Mary Hesse em particular, o restante pareceu não ter achado o tema particularmente importante.[199] Alguns artigos interessantes sobre modelos só começaram a ser publicados cerca de 25 anos após o texto de Hesse (1966).[200] Atualmente, segundo Koperski, com a atenção maior que os filósofos têm dado à prática científica, a função dos modelos em ciência tem recebido cada vez mais a atenção de sua parte (*ibid.*).

A partir dessas investigações, de acordo com Koperski, surge a caracterização de um tipo de modelo bastante comum em ciência, o modelo "físico", uma representação material, pictórica ou analógica de (pelo menos uma parte de) um sistema real. Como ele afirma, não precisamos entender "físico" necessariamente de um ponto de vista ontológico; alguns modelos físicos são objetos materiais, mas outros não são. Neste sentido, modelos podem ser, por exemplo, réplicas ou analogias. Como exemplo de modelo físico material, podemos tomar a réplica em escala de aviões utilizada em túneis de vento. Nesse caso, há uma "analogia material" entre o modelo e a coisa que está sendo modelada, ou seja, uma semelhança pré-teórica na forma como as suas propriedades observáveis estão relacionadas (*ibid.*). Segundo Koperski, quando há uma analogia material, supõe-se que haja também uma analogia "formal" entre a coisa modelada e o modelo. Na analogia formal, as mesmas leis regem as partes relevantes do modelado e do modelo. Modelos analógicos, por outro lado, possuem uma analogia formal entre o modelado e o modelo, mas nenhuma analogia material.

---

[199] Isso não é de todo verdadeiro. Evert Beth e Patrick Suppes já discutiam sobre a função dos modelos em ciência no final dos anos 1940 e início dos 1950. Ver THOMPSON, 1989, p. 69.

[200] Em especial, Koperski destaca REDHEAD, 1980 e WIMSATT, 1987, e partes de BUNGE, 1973 e CARTWRITGHT, 1983. Eu acrescentaria os textos de SUPPES, 1960, 1962; SUPPE, 1977 e VAN FRAASSEN, 1980. Embora não sendo defensores da abordagem semântica, Ernest Nagel e Carl Hempel também escreveram coisas interessantes sobre o papel dos modelos em ciência. Referências – e uma breve análise – sobre esses autores encontra-se em SUPPE, *op. cit.* e DUTRA, 2005.

Em outras palavras, as mesmas leis regem tanto o modelado quanto o modelo, embora os dois sejam bem diferentes (*ibid*.).

Atualmente é bastante comum o uso de modelos – nos sentidos apresentados acima – por engenheiros e físicos, que os constroem através de abstrações das propriedades e relações referentes ao que está sendo modelado. Esses modelos são os elementos fundamentais das idealizações físicas, tais como planos sem atrito, corpos perfeitamente elásticos, massas pontuais etc. (*ibid*.).[201] As relações entre esses modelos e as coisas modeladas fornecem ainda a base para o que Hesse caracterizou como analogias positivas, negativas e neutras. Analogias positivas se dão quando modelo e modelado partilham as mesmas propriedades e relações. Analogias negativas ocorrem quando há incompatibilidade entre os dois. Neste caso, idealizações são negativamente análogas em relação ao "real". No caso de um modelo em escala de um avião (uma réplica), o comprimento da asa em relação ao comprimento da cauda é um análogo de forma positiva, uma vez que a proporção é a mesma do modelado e do modelo. A madeira utilizada para fazer o modelo, por outro lado, é semelhante negativamente, já que o avião real usa materiais diferentes.[202] Por fim, analogias neutras se dão quando as relações são, de fato, ou positivas ou negativas, mas não sabemos ainda qual é o caso. Koperski enfatiza ainda que o número de analogias neutras é inversamente proporcional ao nosso conhecimento do modelado e de seu modelo. Assim, quanto mais um modelo tem analogias positivas em relação ao modelado, mais "realista" o modelo é, e, para muitos filósofos, mais ele se aproxima da verdade (*ibid*.).[203]

Para Koperski, os filósofos têm geralmente tomado modelos físicos como casos paradigmáticos de modelos científicos. Sabemos, porém, que em muitos ramos da ciência, modelos matemáticos desempenham um papel muito mais importante que os modelos físicos. A equação $\ddot{\theta} + (g/l)sen\theta = 0$, por exemplo, é uma equação diferencial ordinária representando o movimento de um pêndulo sem atrito, onde θ é o ângulo da corda em relação ao seu ponto de repouso, l é o comprimento da corda, e g é a aceleração da gravidade; os dois pontos

[201] Sabemos que planos sem atrito, por exemplo, não existem "na realidade".

[202] Outro exemplo: consideremos os modelos de madeira de moléculas usados em aulas de química no ensino médio. Três bolinhas unidas por varetas podem representar uma molécula de água. Quanto à quantidade, a analogia é positiva, mas quanto ao material, o formato e à cor das bolinhas, a analogia é negativa, já que sabemos que os átomos não são bolinhas, não são feitos de madeira nem possuem cor (*ibid*.).

[203] É claro que as posturas realistas e antirrealistas em ciência que vimos no capítulo anterior irão divergir quanto à interpretação dessas "realidade" e "verdade aproximada".

no primeiro termo indicam a segunda derivada em relação ao tempo (*ibid.*). Aqui, temos a ideia de que conjuntos de equações são utilizados como "modelo" de alguns comportamentos de um sistema físico – aqui "modelo" é tomado no sentido de teoria (física). Koperski observa que muitos filósofos se mostraram relutantes em tomá-los como modelos legítimos, pois sua maior familiaridade era com os modelos da lógica matemática (*ibid.*). Como vimos na seção anterior, para um lógico – ou matemático –, um modelo é algo que satisfaz um conjunto de axiomas; os axiomas em si, portanto, não são "modelos". Por outro lado, para o filósofo, em geral, equações como a acima se assemelham a axiomas. Assim, referir-se a um conjunto de equações como um "modelo" soaria como um erro de categoria.

Esta visão tradicional foi superada, em parte, pelo papel central que os modelos matemáticos desempenharam no desenvolvimento da teoria do caos. Na década de 1980 houve uma grande quantidade de publicações de artigos científicos que continham equações que regem sistemas não-lineares, bem como os espaços de estado que representam sua evolução ao longo do tempo. Isso acabou por legitimar o uso dos "modelos matemáticos" nas ciências naturais. Os modelos físicos, em alguns casos, foram quase que completamente abandonados, já que se tornou evidente que todas as questões relativas à idealização, confirmação e construção de modelos físicos tinham contrapartes matemáticas (*ibid.*).

No modelo físico do circuito elétrico, uma idealização comum é estipular que o fio não tem resistência. Quando nos voltamos para as equações diferenciais associadas à idealização, ou seja, um modelo matemático, vemos que há uma simplificação correspondente, neste caso, a eliminação de uma expressão algébrica que representa a resistência do fio. Diferentemente do que acontece nesse caso, a simplificação é muitas vezes mais do que uma mera conveniência. As equações governantes para muitos tipos de fenômenos, diz Koperski, são intratáveis tal como são. Assim, simplificações são necessárias para preencher a lacuna computacional entre as leis e os fenômenos que descrevem (*ibid.*).

Atualmente, afirma Koperski, os espaços de estado ocupam uma posição fundamental na compreensão dos modelos utilizados em ciência; a mecânica quântica, por exemplo, utiliza um espaço de Hilbert para representar o estado governado pela equação de Schrödinger. Esses espaços de estado geralmente são utilizados em conjunto com um modelo matemático como meio para representar os possíveis estados de um sistema e sua evolução. O "sistema" é muitas vezes um modelo físico, mas também pode ser um fenômeno do mundo real, livre de idealizações (*ibid*.). No entanto, neste caso particular, vale observar que supostamente, de acordo com certa interpretação, a função de onda que figura na equação de Schrödinger nada tem de "real".

Já sabemos, todavia, que "mundo real" é uma expressão problemática, ainda mais em se tratando de física quântica. Podemos dizer que as teorias científicas são verdadeiras ou aproximadamente verdadeiras? Não seriam elas apenas dispositivos heurísticos? Vimos no capítulo anterior que alguns antirrealistas sustentam que algumas partes do empreendimento científico, como leis, entidades inobserváveis etc. não correspondem a nada na realidade. Outros, como van Fraassen (1980), dizem que, se por acaso os termos abstratos utilizados pelos cientistas de fato denotam algo real, não temos como saber. Muitos realistas científicos, por outro lado, utilizam o fato – segundo eles, incontestável – de que as teorias científicas são bem-sucedidas para sustentar que elas, pelo menos em parte, descrevem o mundo real. Sendo os modelos, como vimos acima, parte fundamental não só da teoria "pura", mas da própria prática científica, o debate realismo/antirrealismo científico também os atinge.

Em especial, como afirma Koperski, a realidade ou não dos modelos científicos – principalmente dos modelos abstratos – dependerá do que se considera como sendo os portadores de verdade de uma teoria. Uma opção é dizer que só as teorias "maduras", aquelas que são bem desenvolvidas e "empiricamente testadas", são verdadeiras ou aproximadamente verdadeiras. O problema é que, neste caso, os modelos que representam idealizações seriam simplesmente falsos. Suponhamos, pois, que uma teoria T descreve um sistema S em termos de propriedades P_1, P_2 e P_3. Os modelos simplificados, em muitos casos, ou modificam ou ignoram algumas das propriedades encontradas nas teorias mais fundamentais. Digamos que um modelo físico M descreve S apenas em termos de P_1 e P_4. Neste caso, T descreve S de uma maneira e M descreve S de outra, logicamente incompatível. Assim, se T é verdadeira, M é falso (*ibid*.).[204]

Isso teria levado alguns pensadores, como Cartwright, a sustentarem que modelos abstratos ou leis não são literalmente verdadeiros. Eles são "verdadeiros", argumenta ela, somente na medida em que descrevem corretamente modelos físicos simplificados,

---

[204] Koperski atribui o argumento a ACHINSTEIN, 1965.

chamados por ela de "simulacros" (*ibid*.). Desse modo, as leis científicas fundamentais seriam verdadeiras-do-modelo, não verdadeiras *simpliciter*.

Para encerrar esta seção, vale ainda observar que alguns filósofos, a exemplo de van Fraassen, defendem que o termo "modelo" é semelhante na lógica e nas ciências naturais. Acredita ele que essa semelhança é um dos pilares da abordagem semântica – que veremos a seguir –, possibilitando relacionar a parte teórica ao fenômeno.[205] Koperski argumenta, por outro lado, que essa semelhança está longe de ser óbvia. Alguns usos que os cientistas fazem do termo "modelo" estão longe de se assemelharem ao uso lógico. Um modelo, do ponto de vista semântico, pode ser um sistema físico existente. Físicos, por exemplo, usam Júpiter e suas luas como um modelo das leis do movimento e da gravidade de Newton; neste caso, modelo e modelado parecem confundir-se. Por outro lado, muitos modelos físicos e matemáticos usados para estudar os corpos celestes não seriam da mesma natureza dos respectivos modelados, ou seja, o modelado não seria um modelo. Podemos dizer que, em ambos os casos, esses modelos se assemelham da mesma forma aos modelos lógicos? Além disso, cientistas também usam conjuntos de equações, muitas vezes, como modelos matemáticos. Não obstante, na abordagem semântica, leis e equações descrevem e classificam os modelos, mas não são consideradas, elas próprias, modelos. Sua relação seria a de satisfação, não de identidade (*ibid*.).

Explicar essa relação dos modelos científicos abstratos com a "realidade" ou o "fenômeno" é um dos principais desafios colocados ao realista estrutural ontológico. No próximo capítulo, pretendo mostrar algumas tentativas que foram feitas para resolver a questão, mas também mostrarei que elas estão longe de serem definitivas. Antes de fazer isso, porém, ainda resta muito a ser dito sobre a função dos modelos em ciência, em especial, a partir da concepção filosófica denominada "abordagem semântica".

5.3.2 A abordagem semântica

O que é uma teoria científica? Para a abordagem sintática, como já vimos, dito de modo breve, uma teoria científica é um cálculo

---

[205] Lembro que, para van Fraassen, uma teoria só é empiricamente adequada se ela possuir pelo menos um modelo de tal modo que todas as aparências sejam isomorfas a subestruturas empíricas desse modelo (VAN FRAASSEN, 1980, pp. 64-7). O sentido de "modelo" nesta citação é, segundo o próprio van Fraassen, o sentido "logico-matemático".

axiomático ao qual se provê uma interpretação observacional parcial através de um conjunto de regras de correspondência. Isto é, uma teoria, seguindo essa visão, é uma entidade lógico-linguística. Os problemas enfrentados por essa abordagem são vários e bem conhecidos, e não os abordarei aqui (ver, por exemplo, SUPPE, 1977). Vimos no primeiro capítulo que o realismo estrutural epistemológico, desenvolvido notadamente por Maxwell e Worrall, é suportado pela abordagem sintática. Desse modo, as dificuldades enfrentadas por essa abordagem transferem-se naturalmente a essa teoria. O problema de Newman (cf. seção 2.1 e NEWMAN, 1928), por exemplo, seria essencialmente sintático, e poderia ser contornado se adotássemos uma abordagem alternativa ao realismo estrutural.[206] Essa abordagem alternativa é exatamente a semântica. No que segue, apresentarei um esboço geral de alguns aspectos da abordagem semântica – os detalhes podem ser encontrados nas referências.

A abordagem sintática teve marcante presença no cenário filosófico até a década de 1950. Após esse período, como comentei acima, começou a sofrer inúmeras críticas, algumas delas devido às inúmeras dificuldades em distinguir-se termos teóricos e termos observacionais; outras, devido à difícil conceituação precisa das chamadas "regras de correspondência".[207]

Começaram, então, a aparecer teorias alternativas que eram mais interessantes e eficazes para responder à questão "o que é uma teoria científica?". Dentre essas teorias propostas estão a abordagem semântica (*semantic approach*), modelo-teórica (*model-theoretic*) e conjuntista (*set-theoretic*), fortemente inspiradas pelos trabalhos de Tarski sobre teoria de modelos.[208]

O lógico polonês Alfred Tarski, a partir da década de 1930, lançou uma série de trabalhos que tinham em vista, entre outras coisas, apresentar uma definição rigorosa de verdade lógica. Em poucas palavras, não obedecendo a ordem cronológica da apresentação dos fatos relacionados ao seu desenvolvimento, a característica principal de sua proposta resultou em poder-se mostrar como uma sentença ou proposição pode ser interpretada dentro de uma estrutura – todavia, Tarski, em seu trabalho original, não falou de verdade em uma estrutura –, de forma que essa estrutura, tornando-se, se a sentença for verdadeira

---

[206] Sobre esta questão, e para referências adequadas, ver STEINLE, 2006.
[207] Ver SUPPE, *op. cit.*, p. 62-233.
[208] Ver SUPPE, 1989, parte II. O sentido de "modelo" utilizado por Brading e Landry (2006), por exemplo, é assumidamente o tarskiano.

na interpretação, um modelo dessa sentença.[209] Assim, Tarski é considerado como um dos fundadores da semântica no cálculo de predicados de primeira ordem. A partir de seus trabalhos, a noção de modelo passou a ser fundamental em lógica e matemática.

Desse modo, ainda na abordagem sintática, que possuía uma forte ligação com a lógica, os modelos lógico-matemáticos já estão em certa medida presentes. O que os defensores dessa abordagem não fizeram, porém, foi identificar uma teoria científica com esses modelos.

Assim, como afirma Luiz Henrique Dutra, antes que os modelos ganhassem destaque na interpretação das teorias científicas pelos defensores da abordagem semântica em sua crítica à abordagem sintática, o tema já era discutido por autores ligados a essa abordagem, como Nagel. Nagel não identificará as teorias científicas com modelos, mas considerará indispensável a referência a esses para compreendermos as teorias científicas. Como ele afirma:

> Para os propósitos da análise, será útil distinguir três componentes em uma teoria: (1) um cálculo abstrato que é o esqueleto lógico do sistema explicativo, e que "define implicitamente" as noções básicas do sistema; (2) um conjunto de regras que, de fato, atribuem conteúdo empírico ao cálculo abstrato, relacionando-o ao material concreto da observação e experimento; (3) uma interpretação ou modelo para o cálculo abstrato, que confere alguma carne à estrutura do esqueleto, em termos de material conceitual ou visualizável mais ou menos conhecido (NAGEL, 1961, p. 90 apud DUTRA, 2005, p. 207).

Como observa Dutra, há duas diferenças básicas entre a forma pela qual Nagel relaciona os modelos com as teorias científicas e como a abordagem semântica o faz. Primeiro, o sentido de modelo utilizado por Nagel se aproxima das analogias entre sistemas diferentes, utilizadas posteriormente por Hesse, enquanto a abordagem semântica, em muitos casos, tende a encarar os modelos no sentido lógico-matemático. Em segundo lugar, enquanto Nagel está basicamente preocupado como a função heurística dos modelos como analogias, os defensores da abordagem semântica estão voltados principalmente para o papel formal

---

[209] Não tratarei da teoria de modelos nesta tese. Para uma leitura introdutória e bastante didática, ver HODGES, 2009; para a definição de verdade de Tarski, ver TARSKI, 2007, § 1.

ou semântico dos modelos, vistos como formas de interpretar-se os axiomas de uma teoria (DUTRA, 2005).

Segundo Dutra, embora estejam sendo empregados em sentidos diferentes pelos defensores dessas abordagens, esses modelos guardam certas relações entre si; por exemplo, consideremos esta passagem de Suppe:

> Alguns sentidos diferentes estão relacionados a "modelo"; um deles é o sentido de uma interpretação semântica da teoria, tal que os teoremas da teoria sejam verdadeiros sob essa interpretação. Esse é o sentido no qual estivemos empregando "modelo" até aqui; vou me referir a tais modelos como *modelos matemáticos*. Um segundo sentido de modelo é aquele de um modelo em escala, um modelo de avião, um modelo de túnel de vento etc. É fundamental para essa noção a ideia de que um modelo é um modelo *de* alguma coisa ou tipo de coisa, e que funciona como um *ícone* daquilo que modela – isto é, o modelo é estruturalmente similar (isomórfico) àquilo que ele modela. Vou me referir a eles como *modelos icônicos* (SUPPE, 1977, p. 96-7 apud DUTRA, *op. cit.*, p. 208).

Na citação abaixo, Suppe explicita melhor qual a relação entre os dois sentidos:

> A alegação de Nagel é que toda teoria científica deve incluir um tal modelo icônico. Se tais modelos icônicos devem ser em termos de materiais conceituais ou visualizáveis conhecidos, então Nagel está certamente errado. Pois pode-se mostrar que a teoria quântica não admite tais modelos. Estando ciente desta dificuldade, Mary Hesse sustenta uma posição essencialmente idêntica à de Nagel, exceto que ela admite que os modelos icônicos sejam "qualquer sistema, que possa ser construído, desenhado, imaginado, ou nada disso, que possua a característica de dar a uma teoria poder de predição". Em particular, ela está disposta a admitir estruturas matemáticas especificadas pelo formalismo da teoria como

> modelo icônico. Assim, aparentemente, o modelo matemático de von Neumann para o formalismo da teoria quântica, no qual as equações de onda de Schrödinger descrevem um fluido viscoso que flui através de um espaço pré-hilbertiano de infinitas dimensões, poderia ser um modelo icônico. Não há dúvida que o formalismo das teorias *pode* ser interpretado em termos de modelos icônicos, e que fazer isso é frequentemente profícuo heuristicamente por sugerir hipóteses, desenvolver teorias, e assim por diante. A posição de Nagel e Hesse, contudo, não é apenas a de que os modelos *podem* ser apresentados e ser úteis de tal maneira, mas que eles são componentes *essenciais* e *indispensáveis* das teorias. As considerações de valor heurístico não implicam que eles tenham tal estatuto na teorização, uma vez que eles podem ser heuristicamente profícuos sem ser componentes essenciais e indispensáveis das teorias (SUPPE, 1977, p. 98-9 apud DUTRA, *op. cit*., p. 208-9).

Como observa Dutra, de fato Nagel teria admitido duas visões distintas de modelo, a de analogia substantiva e a de analogia formal. As analogias substantivas permitiriam uma assimilação aos modelos icônicos mencionados por Suppe, enquanto as analogias formais indicariam um tipo de similaridade "conceitual" (DUTRA, 2005).

Segundo Dutra, Hempel, considerando esses dois sentidos possíveis de analogia, dirá que

> Alguns autores concebem uma teoria científica como algo que possui um terceiro componente, além do cálculo e das regras de correspondência. Nagel se refere a isso como um "modelo para o cálculo abstrato, que confere alguma carne à estrutura do esqueleto, em termos de material conceitual ou visualizável mais ou menos conhecido". Os modelos, nesse sentido, que vão ser agora considerados, devem ser claramente distinguidos dos modelos analógicos, tal como a representação de uma corrente elétrica em uma rede de fios de diferente resistência pelo fluir de um líquido através da rede de canos de diferentes espessuras. A analogia aqui consiste em um

> isomorfismo entre as leis que regem os dois processos: a respeito dos aspectos nômicos relevantes, mostra-se que as correntes elétricas se comportam "como se" consistissem no fluir de um líquido. Os modelos analógicos podem ser de valor didático e heurístico considerável, mas não são essenciais para a formulação e a aplicação de uma teoria (HEMPEL, 1977, p. 251 apud DUTRA, *op. cit.*, p. 211).

A partir destas distinções, podemos concluir que a abordagem sintática – pelo menos na visão desses dois filósofos – não se restringia à visão lógico-matemática de modelo. Assim, quando um modelo faz uma comparação entre as características físicas de dois sistemas ele é uma analogia substantiva – ou um modelo icônico, no sentido de Suppe. Por outro lado, a comparação que um modelo faz entre o comportamento de dois sistemas, caracteriza-o como uma analogia formal – ou modelo "nômico", no sentido de Hempel (DUTRA, *op. cit.*).[210]

Não obstante as considerações acima, vale à pena relembrar que a abordagem sintática, mesmo nas versões de Nagel e Hempel, em momento algum pretendeu definir as teorias científicas como classes ou famílias de modelos, como o farão os adeptos da abordagem semântica, como Suppes, Suppe e van Fraassen. Segundo Dutra, esses pensadores nem sempre são claros quanto ao que entendem exatamente por modelo, muitas vezes apenas se limitam a esclarecer que ele não é tomado como uma cópia ou réplica de alguma coisa, e sim como uma estrutura lógico-matemática (*ibid.*).

Assim, na proposta da abordagem semântica, em vez de considerar-se uma teoria científica como uma classe de enunciados, passou-se a defini-la como uma classe de modelos matemáticos, ou seja, certos tipos de entidades matemáticas que são construídas – pelo menos em princípio – numa teoria de conjuntos (como vimos acima). Desse modo, deveríamos fixar nossa atenção não nos aspectos lógico-linguísticos (sintáticos) da teoria científica que estamos analisando, pretendendo com isso reduzi-la por completo a um cálculo lógico – isso seria até irrealizável, dizem os críticos –, mas sim aos seus "aspectos estruturais" ou a suas diversas "interpretações" dadas através dos modelos de tais estruturas (ou seja, seus aspectos semânticos). Nessa visão, as teorias passam a ser vistas como entidades extralinguísticas:

[210] Já havíamos visto esta distinção, só que em termos um pouco distintos, na seção anterior.

"[...] teorias não são coleções de proposições ou enunciados, mas são entidades extralinguísticas que podem ser descritas ou caracterizadas por várias formulações linguísticas." (SUPPE, 1977, p. 221).

Como afirmam da Costa e French, há, todavia, diversas versões do que se denomina abordagem semântica, associadas a filósofos como Beth, J. C. C. McKinsey, Suppes, Suppe, van Fraassen entre outros. A maneira como essa natureza extralinguística é compreendida, varia de acordo com o tipo de abordagem semântica adotada. Por exemplo, Beth e van Fraassen irão dizer que as estruturas da teoria são capturadas em termos de espaços de estado; para Suppe, elas são entendidas como sistemas relacionais; e para Suppes e Joseph Sneed, em termos de predicados conjuntistas. Todavia, a função dessas diferentes caracterizações matemáticas seria a mesma: especificar o comportamento admissível dos sistemas físicos (da COSTA; FRENCH, 2003, pp. 22-23).

Van Fraassen, um dos maiores defensores da abordagem semântica, manifestou-se em *Laws and symmetry* nos seguintes termos:

> O primeiro a reverter o movimento [a abordagem axiomática] foi Patrick Suppes com sua máxima bem conhecida: a ferramenta certa para a filosofia da ciência é a matemática, *não* a metamatemática. Isso aconteceu nos anos 1950 – enfeitiçados pelas maravilhas da lógica e da teoria do significado, poucos quiseram ouvir. A ideia de Suppes era simples: *ao apresentarmos uma teoria, definimos a classe de seus modelos diretamente*, sem prestar nenhuma atenção a questões de axiomatização, em qualquer linguagem especial, por mais relevante, ou simples, ou logicamente interessante que possa ser. E se a teoria enquanto tal deve ser identificada com qualquer coisa que seja – se as teorias devem ser reificadas – então uma teoria deveria ser identificada com a classe de seus modelos (van FRAASSEN, 1989, p. 221-2 apud DUTRA, 2005, p. 216).[211]

[211] Como observa Krause (discussão privada), é interessante notar a imprecisão dessa passagem; se não considerarmos a axiomatização de alguma forma, seja via predicado de Suppes ou coisa que o valha, como podemos falar em modelos? Eles seriam modelos de quê? E o que mais surpreende é que van Fraassen deixa claro que seu uso de "modelo" é o lógico-matemático, onde não podemos simplesmente desconsiderar a axiomatização.

Neste sentido, Suppes considera que todas as teorias auxiliares[212] a uma teoria científica usual podem ser adequadamente desenvolvidas em uma teoria de conjuntos. Para ele, devemos pressupor como conhecida essas teorias e partir diretamente para os axiomas específicos da teoria científica em questão – ou seja, pressupomos a lógica e a matemática subjacentes à teoria como conhecidas. Desse modo, não haveria necessidade de fazermos menção explícita a elas. Se estivéssemos interessados na mecânica quântica, digamos, poderíamos deixar de lado (pressupondo-as) as diversas teorias auxiliares como o cálculo tensorial, as equações diferenciais parciais etc. – que podem ser descritas na linguagem de uma teoria de conjuntos – e, de certo modo, ir diretamente para o que interessa ao cientista (SUPPES, 1960, 1962, 1975; KRAUSE, 2002, p. 37).

Apesar de trabalharmos em uma teoria ingênua de conjuntos, podemos, caso alguém deseje, explicitar a sua lógica subjacente, os procedimentos de prova, os conceitos primitivos e a sua linguagem. Krause salienta, todavia, que certos problemas conceituais que estão presentes nessas teorias "subsidiárias" e que fazem parte das discussões em fundamentos da matemática – como a redução ao absurdo e o Axioma da Escolha (que são naturalmente transferidos para a teoria científica analisada) – não devem ser desconsiderados por completo. Segundo Suppes, entretanto, partimos do princípio de que conhecemos todos esses "problemas" quando pressupomos a teoria de conjuntos e a lógica que fundamenta a teoria analisada, e podemos resgatá-los caso precisemos.

Embora isso tudo possa parecer intuitivo, algumas questões podem ser levantadas. Por exemplo, se fôssemos indagados a tornar explícita essa base lógico-matemática das teorias, por qual lógica e por qual teoria de conjuntos optaríamos? A lógica de primeira ordem ou de ordem superior? Um sistema de lógica clássico ou um não clássico? Pela teoria de conjuntos ZF ou pelo sistema NF de Quine? Ou ainda, quem sabe, pela teoria de categorias? Conceitos fundamentais, como o de verdade, no sentido de Tarski, *dependem* da particular teoria de conjuntos usada na metamatemática – por exemplo, como se sabe, o Axioma da Escolha é independente dos demais axiomas de ZF (supostos consistentes), mas é falso em NF, onde também não vale indução no seu

[212] Em poucas palavras, são aquelas teorias que dão suporte à teoria principal. Por exemplo, a análise tensorial, a teoria das equações diferenciais parciais, a teoria das matrizes, os números reais etc. oferecem "suporte" à teoria da relatividade e à mecânica quântica (KRAUSE, 2002, p. 37).

sentido usual etc. Embora esses aspectos sejam pouco discutidos na atual filosofia da ciência, parece inevitável concluir que a análise filosófica da estrutura das teorias científicas, hoje em dia, não pode ficar à parte da consideração das várias teorias de conjuntos (não equivalentes) que há, bem como das variadas lógicas. Uma discussão pormenorizada sobre modelos, estruturas, verdade, referência, dedução etc., não poderão nunca ser abrangentes se não forem consideradas essas possibilidades. Feitas essas observações, voltemos à caracterização da abordagem semântica.

Como já visto, em vez de dar ênfase à descrição lógico-linguística das teorias, a abordagem semântica destaca os seus modelos, pois, segundo essa abordagem, as interpretações parciais dadas pelas regras de correspondência não propiciam uma semântica adequada ao cálculo formal, levando-se em conta a teoria dos modelos desenvolvida nos anos 1950. Segundo Suppes,

> [...] muitos filósofos têm mostrado tendência para falar [...] de uma teoria como um cálculo lógico, em termos puramente sintáticos. As definições coordenadoras [regras de correspondência] [...] não propiciam, no sentido da lógica moderna, semântica adequada para o cálculo formal. Sem cogitar de problemas relativos às observações empíricas diretas, é pertinente e natural, de uma perspectiva lógica, falar de modelos da teoria. Esses modelos são entidades altamente abstratas, não linguísticas, frequentemente muito afastadas, quanto à maneira que a concebemos, das observações empíricas. E cabe perguntar que contribuição pode ser trazida pelo conceito de modelo às repetidas discussões em torno da interpretação empírica das teorias (SUPPES, 1975, p. 113).

Por outro lado, Suppes entende as teorias científicas em termos de predicados conjuntistas que são, certamente, entidades linguísticas. O que é então uma teoria científica? Segundo da Costa e French, uma resposta adequada a esta questão deveria encontrar-se na noção de *representação*, ou seja, de como representamos a teoria. Se quisermos saber o que uma teoria é, o melhor que podemos fazer, dizem os autores, é dar uma resposta ostensiva, olhando para a prática científica e tomando os exemplos que a ciência nos oferece de teorias. Agora, a questão que temos que responder, como filósofos da ciência, seria "qual é a mais apropriada representação de teorias?". Assim, poderíamos responder esta questão dizendo que uma teoria pode ser representada de várias perspectivas: por um predicado de Suppes, entendido linguisticamente ou, por exemplo, determinando uma família de estruturas, que são entidades não linguísticas (da COSTA; FRENCH, 2003, p. 25). Essa distinção entre linguagem e modelos aparece na seguinte passagem de Suppe, que indica também sua concepção semântica das teorias:

> Tal como realmente empregadas pelos cientistas profissionais, as teorias admitem algumas formulações linguísticas alternativas – por exemplo, a mecânica clássica de partículas recebe às vezes uma formulação lagrangeana, outras vezes, uma formulação hamiltoniana – mas é a mesma teoria, independentemente da formulação que é empregada. Como tal, as teorias científicas não podem ser identificadas com suas formulações linguísticas; ao contrário, elas são entidades extralinguísticas às quais nos referimos e que são descritas pelas diversas formulações linguísticas. Isso sugere que as teorias são interpretadas como *estruturas* abstratas propostas, que servem de modelos para conjuntos de sentenças interpretadas, que constituem as formulações linguísticas. Estas estruturas são *modelos metamatemáticos* de suas formulações linguísticas, sendo que a mesma estrutura pode ser modelo de diferentes, e possivelmente não-equivalentes, conjuntos de sentenças e formulações linguísticas da teoria (SUPPE, 1989, p. 82 apud DUTRA, 2005, p. 213).

Desse modo, prosseguem da Costa e French, vendo através da representação, as teorias nos apresentam duas faces: a sintática e a semântica. Ninguém pensa hoje em dia, no entanto, que deveríamos axiomatizar todas as teorias apenas em uma lógica de primeira ordem – sem a teoria de conjuntos –, pois isso seria pouco conveniente (*ibid.*). Embora tenha caído em desuso, a abordagem sintática, com ajustes – por exemplo, não se restringindo à lógica de primeira ordem – e respeitando certos limites, ainda pode ser defendida. O que não podemos fazer, repetimos uma vez mais, é "reduzir" a abordagem semântica à sintaxe da linguagem. Como afirma van Fraassen,

> O impacto da inovação de Suppes se perde se os modelos são definidos, tal como em muitos textos de lógica clássica, como entidades parcialmente linguísticas, cada uma delas ligada a uma sintaxe particular. Em minha terminologia, os modelos são estruturas matemáticas, chamados modelos de uma dada teoria apenas em virtude de pertencerem a uma classe definida como os modelos daquela teoria (van FRAASSEN, 1989, p. 366, nota).

Se quisermos insistir na abordagem "linguística", dizem da Costa e French, podemos empregar ou lógicas de ordem superior ou uma teoria de conjuntos (que, por sua vez, é uma teoria de primeira ordem, mas com "mais força" que teoria de ordem superior, como vimos acima). Para os autores, essa talvez seja a abordagem mais apropriada se o nosso objetivo for provar certos metateoremas sobre a teoria. Por outro lado, se o nosso objetivo é acomodar vários aspectos da prática científica – tais como as interrelações entre teorias e dados ou entre as próprias teorias –, então a axiomatização deveria ser almejada, mas por outro método que não o da linguagem lógica de primeira ordem (*ibid.*). Segundo da Costa e French, esse outro método é precisamente o que a abordagem conjuntista oferece, onde

> [...] uma teoria é apresentada [...] em termos de uma descrição de um conjunto de modelos, no sentido de estruturas relacionais para as quais todas as sentenças em uma formação linguística particular da teoria expressam propriedades verdadeiras sobre a estrutura quando esta age como uma interpretação ou "realização possível" (SUPPES, 1957) da teoria. Declaramos, então, que axiomatizar uma teoria é aplicar esses métodos conjuntistas [*model-theoretic*] (da COSTA; FRENCH, 2003, p. 25).

Então, segundo Suppes, axiomatizar uma teoria seria definir um predicado em termos das noções da teoria de conjuntos. Neste sentido, um predicado conjuntista (*set-theoretical*) é apenas um predicado que pode ser definido de uma maneira completamente formal dentro de uma teoria de conjuntos. Foi demonstrado que esses predicados são idênticos às espécies de estruturas descritas por Bourbaki (BOURBAKI, 1968, § 4; para a demonstração, ver da COSTA; CHUAQUI, 1988).

Segundo da Costa e French, como os defensores da teoria de conjuntos gostam de afirmar, a linguagem da teoria de conjuntos seria uma espécie de "linguagem universal", com a qual podemos reproduzir praticamente toda a matemática existente – e praticamente todo o pensamento científico também. E é este aspecto que sustentaria a utilidade e importância da abordagem semântica, pois se axiomatizarmos nossas teorias desse modo, então teremos aparentemente toda a matemática "à mão" (da COSTA; FRENCH, p. 27).

Portanto, concluem da Costa e French, nesta ótica, axiomatizar uma teoria é definir um predicado conjuntista, e as estruturas que satisfazem esse predicado são os modelos da teoria. Quando uma teoria – seja ela matemática ou das ciências empíricas – é axiomatizada nesses moldes, as estruturas matemáticas que satisfazem o predicado são os modelos desse predicado, ou as estruturas dessas espécies de estruturas (*ibid.*). Como diz Suppes, "não existe diferença sistemática entre a formulação axiomática das teorias nos ramos bem desenvolvidos da ciência empírica e em ramos da matemática pura" (SUPPES, 1960, p. 294).

Outra vantagem que os defensores da abordagem semântica acreditam haver entre a sua teoria e a abordagem sintática é o fato de que a sua interpretação supostamente estaria "mais próxima" da prática científica do que esta última. De fato, segundo eles, os cientistas lidam com modelos, e não com cálculos lógicos (ver, por exemplo, van FRAASSEN, 1980, p. 65). Isto, todavia, não é tão intuitivo como possa parecer à primeira vista. Já sabemos que além dos modelos lógico-matemáticos que van Fraassen defende, há também outros tipos, como as analogias, os simulacros, os modelos icônicos etc. O próprio Suppes, como visto numa citação acima, diz que essas entidades (os modelos) são frequentemente muito afastadas, com respeito ao modo como ele as encara – ou seja, conjuntisticamente –, das observações empíricas. Como vincular, então, essas entidades a uma melhor "adequação" à prática científica, tendo em consideração que os cientistas, usualmente, recorrem às observações empíricas?

A esta pergunta, Suppes oferece a seguinte resposta.[213] A experiência concreta, denominada pelos físicos de *experimento*, não pode ser ligada de forma direta e que faça completo sentido à teoria. Essa experiência deve submeter-se a um crivo conceitual que é, na maioria das vezes, muito grosseiro. Após a experiência ter passado por esse crivo, geralmente sob forma de registros muito fragmentários do experimento completo, os dados surgem de forma padronizada, e são formalizados em um *modelo de dados* que, por sua vez, são "elevados" (na hierarquia) a um modelo de experimento. É então a esse modelo de experimento, e não ao modelo da teoria (física), que se aplicam as definições de coordenação diretas. Uma das características dos modelos de experimento é a de que eles têm tipo lógico relativamente diferente do tipo do modelo da teoria.[214] Por exemplo, frequentemente os modelos da teoria contêm funções contínuas ou sequências infinitas, enquanto o modelo de experimento é discreto e finito. A relação entre o modelo de experimento e um modelo especial da teoria é, segundo Suppes, algo que diz respeito à (então) moderna metodologia estatística (SUPPES, 1975).

É importante salientar que o que Suppes está sugerindo não é que *abandonemos* as caracterizações, ou tentativas de axiomatizações em geral, das teorias. Segundo Suppes, a axiomatização é um componente fundamentalmente importante na filosofia da ciência por vários motivos, entre eles, por sua função em clarificar os conceitos básicos de uma teoria; por ajudar na comparação (equivalência) entre teorias; por "abrir" uma teoria às possíveis novas técnicas matemáticas frutíferas; e mesmo por sua utilidade em resolver certas disputas filosóficas. O que ele sugere, com sua abordagem semântica, é que tais axiomatizações não podem proceder apenas linguística ou sintaticamente, como defendiam os adeptos da abordagem sintática. Como destacam da Costa e French, a espécie de axiomatização que Suppes defende não é lógico-linguística, como sugerem os defensores da abordagem sintática, mas conjuntista (*set-theoretic*). Assim, a ferramenta adequada para a filosofia da ciência, segundo Suppes, é a matemática e não a metamatemática (da COSTA; FRENCH, 2003, p. 23-4; 27).

---

[213] Apresentarei um *esboço* das ideias de Suppes com base em seu artigo de 1975. Uma exposição mais detalhada, inclusive com exemplos, pode ser vista em seus textos indicados nas referências bibliográficas, principalmente SUPPES, 1960 e 1962.

[214] Suppes argumentou que a relação entre teorias e dados relevantes sugere uma hierarquia de modelos de tipos lógicos diferentes (SUPPES, 1962).

Vimos que, para Suppes, a classe de modelos de uma teoria é definida diretamente por um predicado conjuntista. Van Fraassen e Suppe adotam concepções distintas da de Suppes. O primeiro identifica a teoria com seus espaços de estado ou espaço de fases, enquanto o segundo entende os espaços de estado como modelos icônicos da teoria (*ibid*.). Van Fraassen, considerado um dos maiores representantes da abordagem semântica, apresenta sua concepção de modelo assim:

> O uso da palavra "modelo" nesta discussão deriva da lógica e da metamatemática. Os cientistas também falam de modelos, e mesmo de modelos de uma teoria, e seu uso é um tanto diferente. O "modelo de Bohr do átomo", por exemplo, não se refere a uma única estrutura. Ele se refere, em vez disso, a um tipo de estrutura, ou classe de estruturas, todas elas compartilhando determinadas características gerais. Pois, nessa utilização, supõe-se que o modelo de Bohr corresponda a átomos de hidrogênio, de hélio, e assim por diante. Assim, na utilização dos cientistas, "modelo" denota o que eu chamaria de modelo-tipo. Onde quer que determinados parâmetros são deixados sem especificação na descrição de uma estrutura, seria mais exato dizer (contrariamente, é claro, ao uso comum e à conveniência) que descrevemos uma estrutura-tipo. Entretanto, os usos de "modelo" na metamatemática e nas ciências não estão tão distantes quanto às vezes se tem dito. Vou continuar a utilizar a palavra "modelo" para me referir a estruturas específicas, nas quais todos os parâmetros relevantes possuem valores específicos (van FRAASSEN, 1980, p. 44).

Logo depois desta passagem, van Fraassen critica Suppes dizendo que seu tipo de modelo não permite representar determinadas propriedades das quais as teorias falam. Segundo van Fraassen, na versão de Suppes, a mecânica clássica não poderia possuir um modelo no qual se encaixassem todos os fenômenos, pois ela nem mesmo menciona a eletricidade, entre outros fenômenos. Por isso ele prefere adotar a abordagem dos espaços de estado defendida por Beth, que seria superior a esse respeito (*op. cit*., p. 66-7).

Dutra afirma que o que é importante para van Fraassen a respeito dos modelos na abordagem semântica é a noção de satisfação – retirada dos trabalhos de Tarski –, que possibilita aos modelos matemáticos servirem de interpretação para os axiomas de uma teoria. Por outro lado, segundo Dutra, quanto mais próxima uma versão da abordagem semântica está da semântica tarskiana, menos rica em termos de representação das situações reais será a interpretação de uma teoria científica. Van Fraassen preferiria a versão de Beth porque, nessa concepção, a noção de satisfação seria tomada em um sentido mais amplo, já que os espaços de estado permitem representar a história de um sistema físico, que são seus sucessivos estados (DUTRA, 2005, pp. 215-16).

Segundo Paul Thompson, Suppe, por sua vez, acredita que sua abordagem tem uma vantagem em relação à de van Fraassen; ela permitiria lidar não apenas com os aspectos quantitativos das teorias, como é o caso da abordagem de van Fraassen, mas também com os aspectos qualitativos dessas (THOMPSON, 1989, § 4). Além disso, como vimos acima, Suppe entende os espaços de estado como modelos icônicos da teoria. Em seus termos:

> A palavra "modelo" deve se utilizada com extremo cuidado, uma vez que ela pode significar algumas coisas diferentes na ciência. Aqui estamos utilizando "modelo" para significar *modelo icônico* – uma entidade que é estruturalmente similar às entidades em alguma classe (como, por exemplo, um modelo de avião é um modelo dos aviões reais da classe dos caças F-4H). […] (SUPPE, 1989, p. 167 apud DUTRA, 2005, p. 212).

E, em outra passagem, Suppe ainda comenta:

> De acordo com a concepção semântica das teorias, então, as teorias científicas são sistemas relacionais que funcionam como modelos icônicos, que caracterizam todas as mudanças possíveis de estado que o sistema poderia sofrer dentro de seu escopo sob circunstâncias idealizadas (SUPPE, 1989: 155 apud *op. cit.*, p. 213).

De qualquer forma, salienta Dutra, tanto van Fraassen quanto Suppe comentam o fato de que as versões de Suppes e de Beth se desenvolvem a partir da semântica de Tarski. Dutra enfatiza, todavia, que esses autores ainda deixam bastante a desejar quanto à clarificação das relações entre os modelos lógico-matemáticos – que, segundo eles, são os que caracterizam a abordagem semântica – e os modelos comumente usados na prática das ciências naturais, sejam esses encarados como icônicos ou não (DUTRA, 2005, p. 216). Essa questão interessará bastante ao realista estrutural ontológico, pois esse, como já sabemos, pretende defender que a "realidade", em seu nível mais fundamental, descrito pela física quântica, é estrutural. Como isso poderia ser entendido pelo realismo estrutural ontológico, veremos no próximo capítulo.

É claro que há ainda muito mais a ser dito sobre a abordagem semântica do que o apresentado acima. Acredito, porém, que tenha sido o suficiente para os propósitos desta tese. Em suma, interessa-nos o fato de que, nessa abordagem, teorias científicas são encaradas como coleções, conjuntos, classes, famílias etc. de *modelos*, que do ponto de vista teórico são entidades abstratas, construções lógico-matemáticas conhecidas como estruturas.[215] Um sentido razoavelmente preciso dessas também foi oferecido neste capítulo. Na ocasião, seção 5.1, vimos que estruturas de primeira ordem não são as mais convenientes para representar muitas das teorias científicas. Este fato, em geral, é negligenciado pelos filósofos da ciência, inclusive pela maioria dos defensores da abordagem semântica vista brevemente acima.

Tudo o que foi visto até agora foi elaborado tendo como objetivo oferecer um suporte conceitual ao realismo estrutural ontológico. Como disse na Introdução, essa teoria, talvez por ser relativamente recente, ainda carece de precisão conceitual. Em especial, suas três dimensões, realista, ontológica e estrutural quase nunca – ou talvez nunca mesmo – são explicitadas com um mínimo de precisão. Neste sentido, espero que o que foi feito nestes capítulos precedentes esclareça melhor a defesa que agora passo a fazer dessa teoria.

[215] Espero que tenha ficado claro, porém, que há outros sentidos possíveis de modelo científico, que também serão relevantes para os propósitos do próximo capítulo.

6 ELEMENTOS PARA UMA ONTOLOGIA DE ESTRUTURAS

Uma boa maneira de defender-se – ou reformular-se – uma teoria já existente, creio, é atacando seus problemas (objeções). O realismo estrutural ontológico, como qualquer outra boa teoria filosófica, está repleto deles, alguns mais graves, outros menos. É claro que não estou dizendo que é bom para uma teoria ter problemas, mas apenas que esses são inevitáveis – se existisse uma teoria filosófica sem problemas, a própria Filosofia estaria acabada. O que não é desejável é que a teoria se exima de, pelo menos, *tentar* respondê-los. Obviamente, também não tenho a pretensão de responder a todas as objeções que foram – e ainda estão sendo – levantadas contra o realismo estrutural ontológico. Na verdade, o que farei neste capítulo é apresentar algumas ideias de como *alguns* problemas poderiam ser enfrentados por essa teoria. Algumas dessas ideias são totalmente originais – pelo menos até onde tenho conhecimento –, outras são adaptações de ideias já existentes, e tentarei ao máximo diferenciá-las no texto. Elas também estão, obviamente, sujeitas a críticas, correções, refinamentos etc. É neste capítulo que todo o conteúdo anterior da tese mostra sua importância, pois as ideias que apresentarei estão baseadas nele. Sem mais, começo pela *magnus contradictio* do realismo estrutural ontológico.

6.1 TRÊS CAMINHOS PARA O PROBLEMA DAS RELAÇÕES SEM *RELATA*

Mencionei ao final das seções 2.2 e 3.2 que o problema das relações sem os *relata* tem sido considerado a questão mais desafiadora ao realismo estrutural ontológico, cuja solução é imprescindível para o seu desenvolvimento. O problema é, sucintamente, o seguinte: como as estruturas podem ser anteriores, em algum sentido, aos objetos, se elas – entendidas como um sistema de relações – tradicionalmente necessitam desses objetos, os *relata*, para serem definidas? As relações relacionariam o quê? Como uma estrutura pode ser relacional *em si mesma*? Vimos também na seção 4.1 que as duas definições de estrutura apresentadas – e que certamente muitos defensores do realismo estrutural ontológico estariam dispostos a aceitar – se utilizam de *relata*, em particular, indivíduos em alguma acepção. Mesmo a segunda definição, oferecida por da Costa e Rodrigues, que admite relações agindo sobre relações – resultando assim em estruturas de ordem-n, com $n > 1$ – possui em sua escala *relata* que são indivíduos – lembro que se as relações da estrutura têm como *relata* indivíduos de *D*, então a estrutura é de ordem-1. Assim, como é possível termos estruturas relacionais sem *relata*, como desejam os defensores do realismo estrutural ontológico ao dizerem que *tudo* o que há são estruturas/relações?[216]

Esse problema teria sido primeiramente sugerido por Michael Redhead, em discussão privada, a French e Ladyman (FRENCH; LADYMAN, 2003a). Esses, infelizmente, trataram-no de maneira um tanto vaga, relegando uma discussão mais adequada a trabalhos posteriores. No artigo referido, French e Ladyman mencionam duas posturas possíveis com respeito à "eliminação" dos objetos[217], em favorecimento da estrutura.[218] A primeira delas sugere que os objetos, em seu nível ontológico fundamental, devem ser entendidos estruturalmente, ou seja, algo como serem "estruturais desde o início". Ao contrário do que vimos acima, as relações viriam "antes" dos objetos (*ibid*.). A segunda visão é aquela que adota os objetos como tendo uma função *heurística*, podendo ser "dispensados" depois da obtenção da estrutura. Deixem-me explicar melhor esses dois pontos.

Mencionei no primeiro capítulo que uma das principais motivações para o desenvolvimento do realismo estrutural ontológico está na questão da indistinguibilidade de partículas elementares (LADYMAN, 1998; FRENCH; LADYMAN, 2003a, 2003b; LADYMAN; ROSS, 2009, §§ 3.1). Lembrando brevemente o que vimos na ocasião[219], desde o surgimento da teoria quântica, notou-se que os tipos de estatísticas que governavam coleções de partículas elementares implicavam que essas entidades diferiam daquelas governadas pela estatística clássica. Foi notado por vários físicos, como Erwin Schrödinger e Werner Heisenberg, entre outros, que o conceito de *identidade* não seria aplicável a essas partículas; nesse nível, o conceito de identidade careceria de sentido. Uma das consequências filosóficas mais interessantes desse fato seria a de que partículas elementares seriam *não-indivíduos*, no sentido mencionado acima, ou seja, de que o conceito de identidade não poderia ser aplicado a tais entidades. Essa postura, a de que partículas elementares seriam não-indivíduos, ficou conhecida na literatura como *Received View* – não confundir com a

---

[216] Na seção 6.1.3 abaixo voltarei a falar do conceito de "indivíduo".

[217] Interessante notar que no artigo os autores não especificam de quais objetos estão falando, físicos, matemáticos etc.

[218] Mesmo em um trabalho mais elaborado, Ladyman parece não se importar muito com o problema. Ver LADYMAN; ROSS, 2009, p. 154-6.

[219] Seção 2.2

também chamada *Received View* associada ao positivismo lógico. Em sua ampla investigação sobre o assunto, French e Krause chegaram à conclusão de que a *Received View* não era a única posição filosófica possível (FRENCH; KRAUSE, 2006, § 4). O formalismo da mecânica quântica também poderia ser concebido tendo em consideração que as partículas elementares *são* indivíduos, embora de uma natureza bastante diferente da dos indivíduos "clássicos". O formalismo da mecânica quântica seria então compatível com as duas visões, a de não-indivíduos e a de indivíduos. Vimos que uma consequência filosófica desse "dualismo", segundo os autores, é a seguinte: a nossa metafísica torna-se *subdeterminada* pela física que adotamos. O pacote metafísico, indivíduo/não-indivíduo, depende da física que adotamos, ou uma física que lida com indivíduos ou uma física que lida com não-indivíduos (*ibid*.).[220]

Mas qual a relação disso tudo com o realismo estrutural ontológico? Bem, a tese da subdeterminação, segundo French e Ladyman, colocaria o realista científico tradicional em xeque: de fato, qual seria a *verdadeira* – na medida em que esse conceito faça algum sentido – metafísica associada "ao mundo", uma metafísica de indivíduos ou uma metafísica de não-indivíduos? Segundo os autores, o realista (científico) tradicional não deu a devida importância a esse fato, o que acabou por fortalecer posições rivais, como a teoria antirrealista de van Fraassen, o empirismo construtivo. De fato, a última seção do livro de van Fraassen *Quantum Mechanics: An Empiricist View*, onde ele oferece uma interpretação empirista da mecânica quântica, tem como título "adeus metafísica", fazendo referência justamente à questão da subdeterminação e a falta de uma posição do realista científico para com ela. Pois bem, French e Ladyman acreditam que o realismo estrutural ontológico ofereceria uma proposta de solução ao problema: indivíduos ou não-indivíduos poderiam ser vistos como diferentes interpretações, modelos, de uma mesma estrutura (FRENCH; LADYMAN, 2003a). A questão agora seria então a de entender adequadamente em que sentido a estrutura poderia ser encarada como ontologicamente fundamental.

É neste ponto que retornamos à questão do início desta seção: tem o mesmo sentido dizer que os objetos, em seu nível ontológico fundamental, devem ser entendidos estruturalmente – ou seja, "estruturais desde o início" –, e dizer que os objetos têm apenas uma função *heurística* no desenvolvimento de teorias, e que após a

[220] Cf. seções 2.3.

elaboração da estrutura, eles poderiam ser "descartados"? Se há uma diferença substantiva nessas duas posturas, a primeira delas, a que defende que os objetos devem ser vistos como "estruturais desde o início", enfrentará grandes problemas do ponto de vista formal (matemático), isto é, do ponto de vista da elaboração dessas estruturas, caso elas sejam interpretadas conjuntisticamente.[221] De fato, como podemos ter estruturas relacionais *sem* objetos figurando entre as relações? Se o conceito de estrutura adotado é aquele definido em uma teoria de conjuntos usual, como os defensores do realismo estrutural ontológico parecem desejar, e se a estrutura é tudo o que há, como os objetos podem ser entendidos como "estruturais desde o início"? O cerne da questão é sucintamente o seguinte: como é possível, formalmente (matematicamente), termos relações – logo, estruturas – sem as coisas que estão sendo relacionadas, os chamados *relata*?

Sustento novamente que um dos primeiros passos para uma defesa séria do realismo estrutural seria dar uma definição razoavelmente adequada de estrutura. Nesse contexto, a definição de estrutura matemática parece fundamental. Essa definição pode ser obtida numa teoria de conjuntos. Porém, em uma teoria de conjuntos usual, digamos ZFC, para podermos definir relações entre conjuntos (de indivíduos, no caso de relações de ordem-1), precisamos ter, antes de tudo, os próprios conjuntos! Em ZFC, os indivíduos devem vir "antes" das relações, e não o contrário – mais uma vez, no caso de estruturas de ordem-1. A meu ver, a solução do que chamarei aqui de "o problema das relações sem os *relata*" é uma condição *sine qua non* para o desenvolvimento dessa versão ontológica do realismo estrutural. Assim, no que segue, apresentarei três propostas de possíveis soluções para o problema, sendo a última um dos principais elementos originais desta tese.

6.1.1 Quase-relações

Uma proposta de solução do problema foi apresentada por Décio Krause, e está diretamente relacionada com a questão da indistinguibilidade das partículas elementares, referida acima. O problema é que se essas entidades podem ser vistas como não-indivíduos, no sentido em que o conceito de identidade não é válido para elas, como associar um formalismo (matemático) cujas entidades

---

[221] É claro que isto não que dizer que o caminho da heurística seja menos problemático.

possuem condições de identidade bem definidas, ou seja, são indivíduos?[222] Vimos na seção 2.3 que a maneira pela qual os físicos usualmente tratam a questão da indistinguibilidade das partículas é atribuindo inicialmente rótulos a elas, isto é, considerando-as indivíduos, e depois postulando condições de simetria para que esses rótulos sejam desconsiderados. Começa-se então considerando tais entidades como indivíduos e depois se postula condições de simetria para que essa individualidade seja desconsiderada, adequando-se à falta de identidade das partículas. No entanto, a não-individualidade poderia ser obtida "desde o início" – como, aliás, propôs Heinz Post (POST, 1963) –, o que demandaria uma matemática fundamentada em uma teoria de conjuntos diferente das usuais. A teoria de quase-conjuntos, proposta primeiramente por Krause em 1992, pode ser vista então como a concretização dessa ideia. Não obstante, a meu ver, sua grande importância para o desenvolvimento do realismo estrutural ontológico, infelizmente não há espaço para tratar dessa teoria nesta tese.[223] Assim, apresentarei apenas uma ideia bastante básica da teoria de quase-conjuntos, suficiente, espero, para desenvolver o que nos interessa nesta seção, o conceito de *quase-relação*.

Krause propôs que esse conceito poderia ser uma alternativa ao problema das relações sem os *relata*, já que ele permite que relações sejam construídas sem levarem-se em conta os (particulares) *relata* (KRAUSE, 2005). A ideia geral é sucintamente a seguinte. A teoria de quase-conjuntos Q lida com dois tipos de urelementos, os chamados M-átomos e os m-átomos.[224] Em termos intuitivos, podemos considerar os M-átomos como sendo "objetos clássicos", para os quais o conceito de identidade pode ser estabelecido, e a individualidade assegurada. Os m-átomos podem ser interpretados como os objetos elementares da mecânica quântica, ou seja, objetos que não possuem identidade, e que podem ser referidos como não-indivíduos. Os quase-conjuntos são coleções de objetos da teoria, que podem ser urelementos (M-átomos ou m-átomos) ou outros quase-conjuntos. A parte da teoria Q que lida apenas com m-átomos é chamada "pura". Estaremos considerando os conceitos a seguir dentro dessa parte "pura" de Q, a parte que envolve

---

[222] Considerando-se que tal matemática seja fundamentada em uma teoria usual de conjuntos, como Zermelo-Fraenkel.

[223] Para uma exposição bastante completa dessa teoria e da lógica que dá suporte a ela, além de referências adequadas, ver FRENCH; KRAUSE, 2006, § 7 e 8.

[224] A teoria Q tem como base ZFU (Zermelo-Fraenkel com *urelementos*). Em ZFU, urelementos são "elementos fundamentais" ou "átomos", ou seja, objetos que não são conjuntos, mas que podem ser elemento deles.

apenas m-átomos. No que diz respeito a esses, uma relação de indistinguibilidade fraca '≡', ao invés da identidade, é postulada. Essa relação de indistinguibilidade possui as propriedades de uma relação de equivalência, ou seja, ela é reflexiva, simétrica e transitiva. Refletindo as ideias de Schrödinger (e outros), o predicado de igualdade *não* pode ser aplicado aos m-átomos, uma expressão da forma $x = y$ não é uma fórmula de Q, se x e y são m-átomos. Assim, uma *quase-relação* sobre um quase-conjunto A é um quase-conjunto R cujos elementos são "pares" ordenados que pertencem a A. Esses "pares", como comenta Krause, devem ser entendidos de maneira adequada. Uma vez que a identidade não pode ser aplicada a m-átomos, um par ordenado $\langle z, w\rangle$, pode ser entendido como uma coleção de indistinguíveis de z (chamada '$[z]$') e uma coleção de indistinguíveis de z ou de w (chamada '$[z; w]$') que pertencem a A; podemos então representá-lo como $\langle z, w\rangle =_{def.} [[z], [z; w]]$ – o que lembra a definição usual de par ordenado em ZF. Portanto, como já mencionado, cada "par" pode conter mais de dois elementos – sendo assim, a palavra "par" pode ser entendida como "par de espécies (*kinds*)" (*ibid.*).

Uma quase-relação binária R sobre A é um quase-conjunto que obedece ao seguinte predicado $\mathfrak{R}$: $\mathfrak{R}\ (R) =_{def.} \forall z(z \in R \rightarrow \exists u \exists v(u \in A \wedge v \in A \wedge z =_E \langle u, v\rangle))$, onde '$=_E$' é a relação de identidade extensional (*ibid.*). A seguinte questão pode ser então levantada (para relações n-árias): dada certa quase-relação R sobre um quase-conjunto puro A, se temos $R(x_1, ..., x_n)$, isso faz com que tenhamos $R(x'_1, ..., x'_n)$ também, se $x_i \equiv x'_i$? Ou seja, as relações são "preservadas" quando os *relata* são "trocados" por seus indistinguíveis? Segundo Krause, a resposta dependerá do tipo de relação envolvida. Se R for a relação de pertinência, então a resposta será negativa, pois nada nos axiomas da teoria Q diz que se $x \in y$ e $x \equiv x'$ e $y \equiv y'$, então $x' \in y'$ – esse é um dos resultados mais básicos que tornam a relação de indistinguibilidade diferente da de identidade. Assim, a pertinência é a única relação primitiva de Q que não permite substitutividade por indistinguibilidade (KRAUSE, 2005). Por outro lado, se consideramos R como sendo qualquer relação diferente da pertinência – uma relação binária para simplificar –, e tendo em mente que R percorre um quase-conjunto contendo apenas m-átomos, a pergunta pode ser reformulada assim: se R é uma quase-relação binária (diferente da relação de pertinência), e se $R(x, y) \wedge x' \equiv x \wedge y' \equiv y$, isso confere que $R(x', y')$? Mais uma vez, a resposta não é direta.

Sendo x e y *m*-átomos e R definida sobre um quase-conjunto finito puro, temos que $R(x, y)$ significa $\langle x, y\rangle \in R$, ou seja, $[[x], [x, y]] \in R$. Sendo $[x]$ o quase-conjunto de todos os indistinguíveis de x (que pode, portanto, ter mais de um elemento), e $[x, y]$ o quase-conjunto dos indistinguíveis ou de x ou de y. Neste caso, x e y não são vistos como nomes de *objetos* do domínio, mas sim como nomes *generalizados*, digamos, significando algo como "alguns" indistinguíveis de x ou y respectivamente. Podemos dizer, assim, que uma relação binária em Q não é uma coleção "bem definida" (pela sua extensão) de pares ordenados dos elementos de algum quase-conjunto – isso mostraria que um quase-conjunto não é "determinado por seus elementos".

Com $R(x, y)$ não estamos necessariamente dizendo quais específicos x e quais específicos y estão na relação, mas que *algum* indistinguível de x está na relação com *algum* indistinguível de y. O problema que surge, então, é aquele de explicar-se em que sentido R está sendo definida sobre um certo A, pois se x' e y' são indistinguíveis respectivamente de x e y, então como podemos garantir que, sendo $R(x, y)$ o caso, o mesmo acontece com $R(\mathrm{x}', y')$? Isto é, x' e y' podem não ser membros de A. Novamente, portanto, a resposta à questão acima aparentemente é negativa (KRAUSE, 2005).

Todavia, segundo Krause, existe um sentido em que a resposta será afirmativa, basta considerarmos as *vizinhanças* (*surroundings*) do quase-conjunto A. O conceito de vizinhanças de A é definido relativamente a um quase-conjunto D da seguinte maneira: $SurD(A) =_{def.} [y \in D\colon y \equiv x \wedge x \in A]$. Ou seja, uma vizinhança de A é um quase-conjunto D de elementos indistinguíveis dos elementos de A. Intuitivamente, $SurD(A)$ age como as vizinhanças das quais A pode "trocar" elementos. Supondo que R^* é a extensão de R a $SurD(A)$, ou seja, R^* é o quase-conjunto de todos os "pares" $\langle x, y\rangle$, com x e y em $SurD(A)$, tais que $\langle x, y\rangle \in R^*$ quando $\langle x, y\rangle \in A$, podemos provar em Q o seguinte teorema:

Teorema 6.1.1.1: Se $A \subseteq D$, $x, y \in A$ e $R(x, y)$, onde R é uma quase-relação sobre A, então existem $x', y' \in D$ tais que $x' \equiv x$ e $y' \equiv y$ de modo que $R^* (x', y')$.[225]

Intuitivamente, o teorema acima diz que, se $R(x, y)$ é estabelecida para $x, y \in A$, então se x' e y' são indistinguíveis de x e y respectivamente e

[225] A prova do teorema é dada no referido artigo.

pertencem a um quase-conjunto D que inclui A, então $R^*(x', y')$ é estabelecida para esses elementos. Como observa Krause, não faria sentido, do ponto de vista matemático, dizer no caso geral que $R^*(x', y')$ é o caso, pois x' e y' podem não pertencer a A, sendo R um quase-conjunto definido sobre A. Assim, a extensão R^* de R tem a função de R para os elementos das vizinhanças de A e coincidem com R dentro de A.

Portanto, dizendo que $R^*(x', y')$ é estabelecida, estamos em certo sentido garantindo que a quase-relação R é preservada (através de R^*) quando os elementos relacionados são trocados pelos seus adequados (indistinguíveis), *não dependendo*, assim, dos (particulares) *relata* (entendidos como indivíduos) envolvidos (*ibid*.). Como consequência, podemos enunciar os seguintes corolários:

Corolário 6.1.1.1: Se $S = \langle D, R^*_i \rangle$ é uma estrutura sobre D e se $E \equiv D$, então $S' = \langle E, R^*_i \rangle$ é uma estrutura sobre E.

Corolário 6.1.1.2: Se uma fórmula α for verdadeira em S, então α também será verdadeira em S'.

Bem como a seguinte definição:

Definição 6.1.1.1: Dizemos que $S = \langle D, R^*_i \rangle$ e $S' = \langle E, R^*_i \rangle$ são da *mesma espécie* se $D \equiv E$. Na verdade, já que as quase-relações são definidas sobre quase-conjuntos indistinguíveis, elas também devem ser indistinguíveis.

Agora, podemos finalmente voltar ao problema mencionado acima. Se estivermos trabalhando não em uma teoria de conjuntos, mas em uma teoria de quase-conjuntos, há uma maneira de termos, como vimos acima, relações *sem os particulares relata*. Isto é, os *relata* passam a figurar não como indivíduos, mas como espécies (*kinds*) ou tipos (*sorts*) de *não-indivíduos*, entendendo por não-indivíduos elementos aos quais não se aplica a relação de identidade, tal como visto anteriormente. Assim, embora (ainda) não possamos "eliminar" por completo os *relata*, podemos, no sentido explanado acima, "desconsiderá-los" como indivíduos particulares. O uso de uma teoria de quase-conjuntos para suportar o realismo estrutural ontológico parece seguir de uma maneira natural, pois os seus defensores enfatizam que ele deve estar totalmente voltado para a física quântica. Se assumirmos, portanto, que a teoria de quase-conjuntos fornece um suporte matemático “mais adequado” à física quântica, pelo menos do ponto de vista filosófico, seria natural que esta também o fornecesse ao realismo estrutural ontológico. Lembro, todavia, que a alternativa apresentada originalmente por Krause é, em certo sentido, parcial, permanecendo ainda como desafio propostas, se possíveis, de total “eliminação” dos *relata*. Assim, uma segunda alternativa seria fundamentar a teoria de conjuntos em uma lógica *sem* variáveis individuais. A base dessa proposta pode estar no cálculo de relações, do qual apresento algumas breves considerações a seguir.[226]

6.1.2. Breves considerações sobre o cálculo de relações

O cálculo de relações faz parte de um ramo da lógica conhecido como “teoria das relações”. Sua origem remonta a pelo menos Augustus De Morgan, quem chamou a atenção para a importância de uma álgebra das relações em seu trabalho de 1860, *Syllabus of a Proposed System of Logic*. O desenvolvimento sistemático do cálculo de relações, todavia, deve-se principalmente aos lógicos Charles Sanders Peirce e Ernst Schröder, na segunda metade do século XIX. O primeiro tornou preciso todos os conceitos e estabeleceu as leis fundamentais da teoria das relações em uma série de artigos publicados entre 1870 e 1882, e pode ser considerado, segundo Alfred Tarski, o fundador dessa teoria como uma disciplina dedutiva. Peirce mostrou que grande parte da teoria das relações pode ser representada como um cálculo, formalmente bastante semelhante ao cálculo de classes desenvolvido por George Boole e William Stanley Jevons (TARSKI, 1941; PRATT, 1992). Continuando o trabalho de Peirce, Schröder dedicou o terceiro volume – um tomo de 800 páginas – de sua série sobre lógica ao estudo do cálculo de relações. Segundo Tarski, embora Whitehead e Russell tenham incluído a teoria das relações na lógica de seu *Principia Mathematica*, tornando essa teoria uma parte central de seu sistema lógico, e introduzindo muitos conceitos novos e importantes conectados com o conceito de relação, esse trabalho contribuiu muito pouco para o desenvolvimento intrínseco da teoria das relações como uma disciplina dedutiva independente, pois muitos de seus conceitos não pertenciam à teoria das relações propriamente, mas estabeleciam relações entre essa teoria e outras partes da lógica (TARSKI, *op. cit.*). Portanto, podemos dizer que após os

[226] Pressuponho desde já que relações não são necessariamente indivíduos, num sentido que tentarei deixar claro adiante.

trabalhos de Peirce e Schröder, o cálculo de relações permaneceu praticamente esquecido por cerca de quarenta e cinco anos, sendo retomado apenas em 1941 pelo trabalho de Tarski.

Essa teoria (e suas extensões) geralmente é conhecida entre a maioria dos lógicos, mas pouco conhecida entre os filósofos em geral. Assim, no que segue, farei uma breve apresentação de suas principais características, tendo como objetivo indicar brevemente como uma extensão desse cálculo pode servir de fundamento aos principais sistemas de teoria de conjuntos. Uma sugestão de como estruturas poderiam ser encaradas em um sistema conjuntista que prescinde variáveis individuais será mencionada.

Em seu célebre artigo sobre o tema, Tarski se restringe ao cálculo de relações *binárias*, reconhecendo que esse faz parte de uma teoria mais ampla de relações. Tarski também se compromete a considerar apenas operações finitas sobre relações. Desse modo, ele distingue dois métodos diferentes de fundamentar-se o cálculo de relações de uma maneira dedutivamente rigorosa. O primeiro método consiste em construir o cálculo de relações como uma parte de uma teoria lógica mais abrangente, e que corresponde aproximadamente, segundo Tarski, ao cálculo quantificacional, naquela forma proposta, por exemplo, por Hilbert e Ackermann (TARSKI, 1941). Nesse primeiro método, há dois tipos de variáveis: variáveis individuais, representadas por letras minúsculas 'x', 'y', 'z', ..., e variáveis relacionais, representadas por letras maiúsculas 'R', 'S', 'T', 'U', ... Temos também dois tipos de constantes: os conectivos lógicos, a negação '$\neg$', a conjunção '$\wedge$', a disjunção '$\wedge$', a implicação '$\rightarrow$' e a equivalência '$\leftrightarrow$'; e os quantificadores: universal '$\forall$' e existencial '$\exists$'.

A partir dessas variáveis e constantes, podemos formar várias expressões, e dentre essas, seguindo as regras usuais do cálculo quantificacional, distinguir aquelas que são bem formadas, chamadas de sentenças ou funções sentenciais. Expressões da forma 'xRy' são então chamadas de sentenças elementares. Sentenças compostas são obtidas, como usual, adicionando-se na frente de uma sentença o símbolo de negação, quantificadores seguidos de variáveis individuais, por exemplo, $\forall x(xRx)$, ou ainda combinando duas sentenças elementares por meio de um dos conectivos binários acima. Dentre todas as sentenças, escolheremos então certa classe delas e as chamaremos de *axiomas*; escolheremos ainda duas regras de inferência, a regra de substituição e a regra de destacamento (*modus ponens*), além de regras com respeito ao uso de quantificadores. Todas as sentenças obtidas dos axiomas por meio das regras de inferências são chamadas de teoremas.

Seguindo Tarski, podemos agora ampliar a teoria acima adicionando certas constantes específicas do cálculo de relações. As quatro primeiras são constantes de relações: a relação universal ‘1’, a relação nula ‘0’, a relação de identidade (entre indivíduos) ‘*I*’ e a relação de diferença (entre indivíduos) ‘*D*’. São adicionados ainda seis símbolos para operações: dois símbolos para operações unárias (sobre relações), o símbolo de complemento ‘⁻’ e o símbolo de inversa, que aqui denotaremos por ‘-1’; quatro símbolos para operações binárias, o símbolo de adição ‘+’, multiplicação ‘.’, adição relativa, que denotaremos aqui por ‘⊕’, e o de multiplicação relativa ou produto relativo ‘⊗’. Por fim, temos o símbolo de identidade entre relações ‘=’. Os símbolos ‘1’, ‘0’, ‘+’, ‘.’, e os conceitos denotados por esses símbolos, serão chamados de constantes e conceitos absolutos (ou booleanos); os símbolos ‘*I*’, ‘*D*’, ‘-1’, ‘⊕’, ‘⊗’, e os conceitos correspondentes, serão chamados de constantes e conceitos relativos (ou peirceanos) (*ibid*.).[227]

A partir de variáveis relacionais, constantes relacionais e símbolos de operações, construímos um novo tipo de expressões, chamadas *relações designativas*. Relações designativas elementares são variáveis e constantes relacionais. Relações designativas compostas são formadas adicionando-se símbolos para operações unárias às relações designativas elementares ou combinando essas por meio de símbolos para operações binárias, por exemplo, ‘R^{-1}’ (leia-se: a inversa de *R*) ou ‘$R \otimes S$’ (leia-se: o produto relativo de *R* e *S*). A noção de sentença é estendida, permitindo que tenhamos também como sentenças elementares expressões da forma ‘*xRy*’ e ‘$R = S$’, onde ‘*x*’ e ‘y’ são quaisquer variáveis individuais e ‘*R*’ e ‘*S*’ são quaisquer relações designativas.

Sentenças compostas são obtidas através de sentenças elementares da mesma maneira da apresentada acima. Além dos axiomas do cálculo sentencial, são adicionados mais doze, que explicarão os significados das novas constantes, e que podem, na sua maioria, ser vistos como definições no cálculo sentencial se forem providas regras de definição apropriadas (*ibid*.).

---

[227] A simbologia que estaremos empregando aqui difere ligeiramente daquela apresentada por Tarski. As operações ‘⊗’, ‘⁻’, ‘+’, ‘-1’ são relações de *segunda* ordem (TARSKI; GIVANT, 1987, p. 23).

As regras de inferências continuam sendo as mesmas, apenas que a regra de substituição permite agora a substituição de variáveis relacionais não apenas por outras variáveis relacionais, mas também por relações designativas. Tarski denomina a teoria acima de *teoria elementar das relações binárias* (*ibid*.). Agora, se nos restringirmos àquelas sentenças e teoremas que *não contêm* variáveis individuais, obtemos um fragmento da teoria das relações elementares, o cálculo de relações. Aqui, fica evidente o interesse do realista estrutural ontológico pelo cálculo de relações. Face ao problema apresentado acima – o das relações sem os *relata* –, podemos sugerir o cálculo de relações como uma ideia para termos relações sem os *relata* – pelo menos se eles forem representados, do ponto de vista formal, como variáveis individuais. Vejamos melhor como isso pode ser feito.

Mencionei anteriormente que Tarski apresenta dois métodos de fundamentar-se o cálculo de relações, sendo o primeiro o apresentado em linhas precedentes. Mas se o que nos interessa é apenas o cálculo de relações, e não uma teoria mais ampla, então podemos apresentar o segundo método como provendo certas vantagens ao primeiro, por exemplo, segundo Tarski, do ponto de vista da simplicidade e elegância (*ibid*.). Podemos, desse modo, obter o cálculo de relações de um modo mais direto, sem fazer uso de conceitos e enunciados fora do cálculo, isto é, prescindindo de variáveis individuais. Nesse segundo método, serão abolidas variáveis individuais e quantificadores. Todavia, devido ao fato de não haver variáveis individuais e quantificadores, certas modificações serão necessárias. Sentenças elementares passam a ser apenas expressões da forma '$R = S$', onde 'R' e 'S' são relações designativas, sentenças compostas são formadas através dos conectivos binários figurando entre as relações designativas.

Dentre as sentenças desse segundo método, escolheremos aquelas para formarem os axiomas da teoria (não os apresentarei aqui, ver *ibid*.). Segundo Tarski, eles podem ser divididos em três grupos. O primeiro grupo caracteriza o significado dos conectivos lógicos. Para formulá-los, podemos tomar qualquer sistema de axiomas para o cálculo quantificacional que contenha como termos primitivos todos os conectivos lógicos apresentados acima. O segundo grupo caracteriza os significados das constantes absolutas. Eles podem ser obtidos tomando-se os axiomas da álgebra booleana e substituindo as variáveis para classes por variáveis relacionais. Por fim, os axiomas do terceiro grupo são específicos do cálculo de relações; eles expressam as propriedades fundamentais dos conceitos relativos. Já que esses axiomas são teoremas do primeiro método, sua veracidade é indubitável. Usando-se as mesmas regras de inferência do primeiro método, as regras de substituição e destacamento (*modus ponens*), Tarski apresenta uma série de teoremas, dentre os quais destaco o último[228]:

Teorema 6.1.2.1 $\neg(R = 1) \leftrightarrow (1 \otimes R^{-}) \otimes 1 = 1$.

Tarski então observa que este último teorema tem grande importância para o cálculo de relações, já que ele nos permite provar o seguinte metateorema: toda sentença do cálculo de relações pode ser transformada em uma sentença equivalente da forma '$R = S$', e mesmo da forma '$T = 1$'. A validade deste metateorema segue da bem conhecida possibilidade de reduzirmos os conectivos do cálculo sentencial à negação e a conjunção (*ibid.*). Segundo Tarski, o metateorema sugere ainda uma outra maneira de construirmos o cálculo de relações, pois ele mostra que podemos limitar-nos, na construção do cálculo, às sentenças que têm a forma de equações, ou a forma '$T = 1$', permitindo-nos *dispensar* os conceitos e teoremas do cálculo quantificacional.

Se transformarmos todos os axiomas em equações, como acima, e oferecermos regras para derivar outras equações partindo daquelas, não teremos mais nenhum vínculo com o cálculo quantificacional. De fato, em certo sentido, *tudo* se torna relação. Em seu artigo, Tarski relega o desenvolvimento dessa nova versão do cálculo para trabalhos futuros, e observa que ela não apresenta grandes dificuldades. De fato, Tarski e sua "escola" dedicaram vários trabalhos ao estudo do cálculo de relações nos anos que se seguiram, seus resultados culminaram numa obra dele e Steven Givant, *A Formalization of Set Theory without Variables*, publicada em 1987. Nessa obra, Tarski e Givant mostram que uma linguagem sem variáveis individuais pode servir como fundamento para a maioria dos sistemas de teorias de conjuntos. Em poucas palavras, a ideia geral é a de que vários sistemas formais – não apenas de teoria de conjuntos, na verdade – podem ser vistos como *Q*-sistemas, ou sistemas quase-projecionais (TARSKI; GIVANT, 1987, pp. 95-96). A noção de quase-projeção dada por Tarski e Givant é a seguinte (a menos da simbologia): seja Σ um conjunto de sentenças de uma linguagem sem variáveis individuais; Σ consiste de todas as sentenças

[228] A lista completa se encontra no referido artigo de Tarski, onde as provas são fornecidas.

QRS correlacionadas com pares ordenados de relações arbitrárias R, S pela fórmula: $QRS = ((R^{-1} \otimes R + S^{-1} \otimes S)^{-} + I) \,.\, (R^{-1} \otimes S) = 1$.

Esta fórmula é equivalente, segundo os autores, à seguinte sentença do cálculo quantificacional: $QRS \approx \forall x \forall y \forall z(((xRy \wedge xRz) \vee (xSy \wedge xSz)) \rightarrow yIz) \wedge \forall x \forall y \exists z(zRx \wedge zSy)$, onde '≈' é o símbolo de equivalência. As relações binárias F e G (entre elementos de um conjunto D), que são denotadas respectivamente por R e S, em uma dada realização $\langle D, U\rangle$ da linguagem são funções tais que, para quaisquer $x, y \in D$, existe um $z \in D$ de modo que $F(z) = x$ e $G(z) = y$. Duas relações F e G que cumprem essas propriedades são chamadas de *quase-projeções* (sobre um conjunto D). Segue que $\langle D, U\rangle$ é um modelo de QRS se, e somente se, as duas relações denotadas em $\langle D, U\rangle$ por R e S são quase-projeções sobre D (*ibid*.). Desse modo, em termos gerais, um sistema formal é um Q-sistema se, e somente, existem relações R e S tais que, do conjunto de axiomas desse sistema, podemos deduzir QRS.

Segundo Tarski e Givant, um sistema de teoria de conjuntos – ZF, por exemplo – que contenha o *axioma do par* é um Q-sistema. Chamemos de P a sentença que representa esse axioma: $P = \forall x \forall y \exists z \forall u(u \in z \leftrightarrow u = x \vee u = y)$. Os autores enunciam então o seguinte resultado:

Teorema 6.1.2.2 Existem relações R e S tais que $P \approx QRS \approx (R^{-1} \otimes S = 1)$. As relações R e S podem ser obtidas por $T = E^{-1} \otimes (E^{-1} \,.\, ((E^{-1})^{-} \oplus I))$, $U = E^{-1} \otimes E^{-1}$ e $R = T \,.\, (T^{-} \oplus I)$, $S = U \,.\, (U^{-} + R \oplus I)$.

Então, de acordo com os autores, todos os sistemas de teoria de conjuntos que contêm uma forma do axioma do par são Q-sistemas[229] e podem ser formalizados em uma linguagem sem variáveis individuais, quantificadores ou conectivos sentenciais (TARSKI; GIVANT, 1987, pp. 96-131). Para finalizar, voltemos a nossa principal questão: é possível, do ponto de vista formal, termos relações sem os *relata*, como desejam os defensores do realismo estrutural ontológico?

Penso que há uma resposta afirmativa a essa questão. Apresentei acima duas possíveis maneiras de ter-se relações sem os *relata*. A primeira, através da noção de quase-relação na teoria de quase-conjuntos; por meio dessa noção, desconsideramos os particulares *relata* envolvidos nas quase-relações. A segunda proposta veio através do

[229] Na verdade, qualquer sistema formalizado no cálculo quantificacional, onde é possível deduzir P, é um Q-sistema (*ibid*.).

cálculo de relações; vimos que essa teoria propõe uma completa eliminação de variáveis individuais, e que uma extensão dela pode servir como base formal para os principais sistemas de teoria de conjuntos.

Mas e quanto à noção de estrutura? Já sabemos que as teorias de conjuntos ZF ou ZFC, por exemplo, estão comprometidas com variáveis individuais e *indivíduos* numa certa acepção[230], e isso também se transfere para as definições de estrutura obtidas nessas teorias. Isso significa que uma mudança nos fundamentos dessa teoria, trocando-se a lógica subjacente do cálculo de predicados de primeira ordem com igualdade pelo cálculo de relações visto acima – troca essa, como vimos, pelo menos conceitualmente possível – demandaria consequentemente algum "ajuste" na teoria de conjuntos em questão. Esse "ajuste", creio, pode dar-se pelo menos de duas maneiras: 1) todos os *relata* são identificados com indivíduos – numa acepção de individualidade mais ampla que aquela que sustenta que há uma teoria da identidade que se aplica a eles –, esses são totalmente eliminados em prol de relações e uma nova teoria de conjuntos é proposta, ou seja, uma teoria de conjuntos sem indivíduos[231]; 2) Os *relata* podem ser vistos não só como indivíduos, mas também como relações; neste caso, invertemos a ordem tradicional e colocamos os *relata* individuais como derivados de relações, ou seja, as relações vêm *antes* dos indivíduos.

A primeira proposta, a meu ver, embora possível, é muito radical. Ela impossibilitaria a aplicação dessa teoria de conjuntos sem indivíduos a teorias que deliberadamente tratam de indivíduos, como é o caso da física clássica. É claro que, por outro lado, ela agradaria aos defensores da proposta de que a mecânica quântica – e teorias mais avançadas – demanda uma matemática condizente com a falta de individualidade das partículas elementares. Isto, porém, também pode ser obtido pela segunda proposta, com a vantagem de manter, em uma parte da teoria, os *relata* individuais.[232] Assim, não precisaríamos ter teorias de conjuntos diferentes – com e sem indivíduos – para fundamentar teorias físicas, por exemplo, diferentes – com e sem indivíduos. Outra

---

[230] À frente, voltarei a falar sobre a ambiguidade do termo "indivíduo". Numa acepção, dizemos que ZF está comprometida com indivíduos porque nessa teoria existe uma teoria da identidade que se aplica a conjuntos. Para uma análise mais aprofundada desta afirmação, ver GELOWATE; KRAUSE; COELHO, 2004.

[231] Talvez a teoria de quase-conjuntos "pura" – que só trata de *m*-átomos – se aproxime dessa ideia. Essa teoria, porém, elimina a individualidade em *uma* acepção, a de objetos aos quais se aplica uma teoria da identidade. Mas os *m*-átomos ainda podem ser considerados "entidades" em algum sentido.

[232] Mais uma vez, estou pressupondo que relações não são indivíduos, ou seja, não são variáveis individuais. Mas ainda assim podemos ter condições de identidade para relações.

vantagem é a de que a segunda proposta não precisa nem mesmo da teoria das relações para fundamentá-la, podendo-se manter o cálculo de predicados de primeira ordem com igualdade como teoria lógica subjacente a ela. Creio, portanto, que a segunda opção é menos radical e mais vantajosa que a primeira, e na próxima seção apresento um esboço de como isso poderia ser feito.

6.1.3 Relações sem *relata* individuais em uma teoria *standard* de conjuntos

Nesta seção, esboçarei de modo breve uma maneira de desenvolver-se uma metafísica de estruturas dentro da teoria de conjuntos ZFC* (Zermelo-Fraenkel com o Axioma da Escolha mas sem o Axioma do Fundamento). Não há nada de especial na escolha de ZFC* como *framework* matemático, a não ser o fato de que podemos expressar em ZFC* toda a matemática que necessitamos para desenvolver as teorias físicas conhecidas.[233] Como já ficou claro acima, desenvolver uma metafísica de relações sem *relata* a partir de teorias como ZF ou ZFC (incorporando o Axioma do Fundamento), que são teorias extensionais de conjuntos, comporta uma série de dificuldades, em particular porque nessas teorias as relações são identificadas com *n*-uplas de indivíduos – por exemplo, como vimos na seção 5.1, uma relação binária entre dois conjuntos A e B é uma coleção de pares ordenados de $A \times B$. Os elementos desses pares são os *relata*.

Seguindo a segunda proposta apresentada no final da seção anterior, podemos argumentar que esses *relata* também podem ser relações, e isso é verdade. Mas essas relações, por sua vez, teriam os seus *relata*, e assim sucessivamente. Se nossa teoria incorpora o Axioma do Fundamento (ou Regularidade), "entrando" cada vez mais nos conjuntos – nos elementos de seus elementos, etc. –, ou seja, considerando o *fecho transitivo* dos conjuntos, deparar-nos-emos, mais cedo ou mais tarde, ou com o conjunto vazio (como é o caso de ZFC "pura") ou com urelementos (ZFU), objetos que não são conjuntos mas que podem ser elementos de conjuntos – mas que também não são estruturas, como requer o realismo estrutural ontológico.[234] Em ZFC,

---

[233] Com efeito, o Axioma do Fundamento tem apenas um "efeito cosmético" relativamente à matemática usual, já que nada impede, nessa matemática, que haja conjuntos *extraordinários*, no sentido de Mirimanoff (KRAUSE, 2002, p. 117).

[234] Para uma distinção entre teorias "puras" e teorias com urelementos, ver KRAUSE, 2002, §§ 4.2.2.

tanto o conjunto vazio quanto os urelementos são indivíduos[235] numa certa acepção. Assim, para contornarmos este fato – com o objetivo de termos relações sem *relata* individuais –, precisamos alterar de algum modo ZFC.

O conceito de "indivíduo" é ambíguo. Alguns significados possíveis são. 1) Entidades que obedecem a uma teoria da identidade. Aqui, *m*-átomos na teoria de quase-conjuntos *Q* seriam "não-indivíduos". Por outro lado, em ZF, digamos, relações – sendo conjuntos – também são indivíduos *nesta* acepção. 2) da Costa e Rodrigues, por exemplo, chamam relações 0-árias de indivíduos. Aqui, indivíduo é a menor "aridade" de uma relação – são os objetos do conjunto base da estrutura considerada, que pode ser suposto um só. Neste sentido de indivíduo, por definição, parece que não podemos dizer que relações de aridade maior ou igual a 1 são indivíduos. 3) *m*-átomos em *Q* não são indivíduos na acepção 1 acima, mas eles são "entidades" de algum tipo, pois podem formar coleções com cardinalidades não nulas. 4) Na lógica clássica, variáveis e constantes individuais representam indivíduos. Constantes individuais funcionam como nomes de indivíduos específicos do domínio (lógica elementar); variáveis individuais funcionam como variáveis percorrendo esse domínio. Estas poucas opções já servem para mostrar a ambiguidade do conceito de "indivíduo".

Uma conclusão possível disso é a de que o conceito de "indivíduo" é relativo. Não temos uma definição de indivíduo que sirva universalmente. Intuitivamente, um indivíduo é algo para o qual podemos atribuir um "critério de identidade", mas para isso necessitamos de uma teoria da identidade, e é este precisamente o ponto que não é claro no que concerne a alguns domínios da ciência, como a física quântica, conforme já tivemos oportunidade de ver. Por exemplo, podemos assumir uma teoria de conjuntos como ZF, com ou sem o Axioma do Fundamento, e sua "teoria da identidade", dada pelos axiomas da lógica elementar clássica e pelo Axioma da Extensionalidade. Deste ponto de vista, podemos dizer que todos os objetos do universo conjuntista são indivíduos, pois para quaisquer dois deles temos que eles são iguais ou distintos; se forem iguais, são *o mesmo* conjunto, e se forem distintos, temos até um critério de distinção entre eles: somente um deles pertence ao seu conjunto unitário. Esta

---

[235] Mencionei acima que a teoria de quase-conjuntos comporta dois tipos de urelementos, *M*-átomos e *m*-átomos, sendo que só os primeiros são indivíduos. Para detalhes, ver FRENCH; KRAUSE, 2006, § 7.

mesma ideia pode ser estendida para teorias de conjuntos envolvendo átomos.

Seja agora A uma estrutura construída em ZFC ou em ZFC* – ou seja, Zermelo-Fraenkel com o Axioma da Escolha mas sem o Axioma do Fundamento – por recursão transfinita, tendo o conjunto X como base. Chamaremos de A-indivíduos aos elementos de X. Suponha, agora, que estamos em ZFC* e que os elementos x de X sejam conjuntos não bem-fundados tais que cada um deles admita como elementos conjuntos a_0 tais que existam a_1, a_2 etc. de forma que $\ldots \in a_n \in \ldots \in a_2 \in a_1 \in a_0 \in x$, ou seja, os elementos de X são o que Mirimanov chamava de "conjuntos extraordinários".[236] Os "objetos" a_0 serão chamados de x-*relata*; os objetos a_1 são os a_0-*relata*, e assim sucessivamente. Ora, cada um desses conjuntos pode ser uma relação n-ária (falaremos de relações binárias por simplicidade). Os elementos de x (ou seja, os a_0), são conjuntos do tipo $\{\{a_1\}, \{a_1, a_1'\}\}$, com a_1' sendo um dos a_1. (Note que $\{a_1\}$ e $\{a_1, a_1'\}$ são objetos do tipo a_0). Assim, a estrutura A, em um sentido preciso, contém somente relações como elementos. Se pensarmos em uma estrutura mais geral contendo como elementos estruturas do tipo A, teremos estruturas cujos elementos serão estruturas e cujas relações que a elas pertencem são relações de relações, relações de relações de relações etc. Se for preciso generalizar ainda mais, podemos pensar em uma estrutura cujos elementos sejam estruturas cujos elementos sejam estruturas deste tipo e assim por diante. Neste sentido, talvez o problema das relações sem *relata* possa ser resolvido. Se isso é de fato assim é ponto que deixo em aberto, pois é necessário estender e aprofundar ainda mais essa análise.

Agora, vamos tentar explorar um pouco mais ZFC*. Chamaremos de *R-estrutura* uma n-upla ordenada $R = \langle D, r_i \rangle_{i \in I,}$, onde D é um conjunto não vazio, cujos elementos são relações, cada uma de certa aridade k; I é um conjunto de índices e as r_i são relações cujos *relata* são elementos de D. Assim, as relações de uma *R-estrutura* são relações cujos *relata* são também relações, *relata est relationis*! Indo um pouco mais longe, podemos agora considerar uma estrutura da forma $O = \langle E, e_j \rangle_{j \in J}$, que chamaremos de *O-estrutura* (este 'O' significando, intuitivamente, "ontologia"), definida como segue: seu domínio E é um conjunto de R-estruturas (novamente, J é um conjunto de índices), e as e_j são estrutura selecionadas de E que interessam para o campo científico sendo investigado.

---

[236] Ver KRAUSE, 2002, p. 117.

Neste sentido, O é um esquema de estruturas que envolve apenas estruturas quer como seus elementos, quer como *relata* de suas relações (que também são estruturas). De certo ponto de vista, *tudo* aquilo que seja "modelado" por meio de uma estrutura do tipo O envolve apenas estruturas: não há *relatum* que não seja estrutura e, sem o Axioma do Fundamento, não incorremos no problema de que em algum momento nos deparemos ou com o conjunto vazio ou com urelementos.

Suponha agora que temos um domínio do conhecimento – os casos que mais nos interessam aqui se referem às ciência empíricas, e nos restringiremos ainda mais à física – que "modelamos" por meio de uma estrutura do tipo O (repare o leitor que estamos trabalhando em ZFC^*). Podemos agora falar em uma linguagem adequada para O – no sentido de da Costa e Rodrigues (2007).[237] Seja L^* a linguagem escolhida. As variáveis de L^* percorrem elementos do domínio de O, ou seja, estruturas. As sentenças de L^* contêm variáveis ligadas e são tais que aqueles objetos com os quais devemos nos comprometer ontologicamente, de modo que elas sejam verdadeiras no sentido de Tarski – ou quase-verdadeiras, no sentido da seção 5.2 –, são estruturas.

Para encerrar esta seção e a abordagem ao problema das relações sem os *relata*, volto a enfatizar que o que foi apresentado acima foi apenas um *esboço* de algumas alternativas ao problema. Em minha dissertação de Mestrado, havia sugerido as duas primeiras alternativas – quase-relações e teorias das relações – como possíveis respostas ao problema. [238] A terceira opção, todavia, é original. Acredito que as três alternativas possuem vantagens e limitações. Por exemplo, a ideia das quase-relações elimina, como vimos acima, apenas a referência aos *particulares relata* envolvidos nas relações, constituindo-se numa solução parcial do problema; a teoria das relações como lógica subjacente a uma teoria de conjuntos aparentemente resolve a questão de forma completa, mas às custas de uma reformulação de toda a linguagem do aparato lógico-matemático envolvido – o que talvez seja muito complicado de fazer ou, no mínimo, pouco conveniente. No momento, creio que a última alternativa seja a mais frutífera, pelo menos para os propósitos dos defensores do realismo estrutural ontológico, e, no que segue, explorarei brevemente algumas dessas vantagens.

---

[237] Ver também KRAUSE; ARENHART; MORAES, 2011, §§ 3 e 7.

[238] Ver STEINLE, 2006, §§ 4.2.1; a teoria das relações como alternativa ao problema das relações sem os *relata* foi abordada em STEINLE, 2010, §§ 6. A ideia original das quase-relações é de KRAUSE, 2005, como indicado acima.

6.2 O PROBLEMA DAS SUBDETERMINAÇÕES

Tentei mostrar na seção 2.3 que o problema da subdeterminação surge a partir da noção (clássica) de *objeto*. Na ocasião, vimos que para French e Ladyman, uma maneira de solucionarmos a questão seria adotarmos o realismo estrutural ontológico; entendendo os objetos *estruturalmente*, podemos dizer que os dois pacotes metafísicos são apenas diferentes representações (metafísicas) de uma mesma estrutura. Uma maneira de entender essa estrutura em termos matemáticos, afirmam os autores, seria através da teoria de grupos, fundamental no formalismo da mecânica quântica; do ponto de vista filosófico, a abordagem mais adequada seria a semântica, justamente por sua ênfase na importância de estruturas e modelos (FRENCH; LADYMAN, 2003a). No referido artigo, French e Ladyman, todavia, não especificaram como essa "reconceitualização" dos objetos em termos estruturais poderia ser feita.

Dentre os vários tipos de subdeterminação apresentados naquela ocasião (seção 2.3), quero dar ênfase agora à subdeterminação metafísica e a subdeterminação da teoria pelos dados empíricos. A primeira, advinda do problema da individualidade na filosofia da física quântica, e a segunda, que remonta pelo menos a Pierre Duhem, são vistas por muitos como duas fortes objeções ao realismo científico tradicional[239], mas também têm sido apontadas pelos defensores do realismo estrutural ontológico como duas grandes motivações para o desenvolvimento de sua teoria (LADYMAN, 1998; FRENCH; LADYMAN, *op. cit.*; FRENCH, 2009a, 2009b; LADYMAN; ROSS, 2009).

Como o realismo estrutural ontológico poderia superar essas duas subdeterminações? Uma possível resposta poderia ser mais ou menos a seguinte. De acordo com o que vimos na seção 6.1.3 acima, a física "modela" o "mundo" em termos de *O*-estruturas, ou seja, estruturas ontológicas onde os *relata* são relações de certa aridade (≥ 1).

No caso da subdeterminação metafísica, podemos dizer que temos um formalismo matemático – que pode ser compreendido estruturalmente – comum às duas interpretações/modelos possíveis, um modelo de indivíduos e outro de não-indivíduos. Essas entidades – tanto indivíduos quanto não-indivíduos – podem ser concebidas em termos

---

[239] Por exemplo, VAN FRAASSEN, 1991, § 12.

puramente estruturais, e o formalismo que daria suporte a isso poderia ser ZFC*. Acontece, agora, que podemos ter estruturas (indivíduos) que obedecem a uma teoria da identidade e outras estruturas (não-indivíduos) às quais não se aplicam critérios de identidade.

No que tange à subdeterminação da teoria pelos dados, poderíamos ter o seguinte. Em uma de suas versões, esse argumento diz que o mesmo conjunto de fenômenos pode ser explicado por diferentes formulações teóricas, contraditórias entre si, inclusive. Tem sido argumentado então que isso de certa maneira colocaria em xeque o realista científico. De fato, como já tive a oportunidade de mencionar, se esse pretende de alguma forma sustentar que determinada teoria é "verdadeira" – ou aproximadamente verdadeira – e, assim, representa "o mundo (aproximadamente) tal com ele é", então como explicar a mútua adequação de teorias contraditórias a um mesmo conjunto de fenômenos? Essas teorias podem até mesmo admitir entidades totalmente distintas, ou seja, podem possuir distintas ontologias (FRENCH, 2009a).

Ora, se estivermos falando da física quântica – e, possivelmente, extensões dessa –, digamos, um exemplo dessas "entidades totalmente distintas" poderia ser exatamente o par indivíduo/não-indivíduo. Uma proposta de solução para a subdeterminação metafísica apresentada acima pode indicar o caminho para resolver-se a subdeterminação da teoria pelos dados empíricos, já que a primeira seria um exemplo dessa. Podemos começar nos perguntando o que significam "dados empíricos", por um lado, e "teoria" por outro. "Dados empíricos", do ponto de vista do realismo estrutural ontológico, podem ser compreendidos em termos relacionais/estruturais; eles são estruturas de algum tipo. Teorias físicas, por sua vez, também podem ser concebidas como estruturas, possivelmente de um tipo diferente das estruturas dos "dados empíricos". E quanto às diferentes formulações (teorias), eventualmente contraditórias? Essas podem ser vistas como interpretações/modelos diferentes que "se ajustam" (são homeomorfas) igualmente às estruturas dos "dados empíricos".[240] Um exemplo disso talvez possa ser dado pelas diferentes interpretações – corpuscular, ondulatória, dualista realista, complementaridade etc. –, algumas contraditórias, do formalismo matemático padrão da física quântica – o formalismo dos espaços de Hilbert.[241]

---

[240] Na verdade, os "dados empíricos" não *possuem* uma estrutura, eles *são* estruturas.

[241] Osvaldo Pessoa Jr., em *Conceitos de física quântica*, apresenta e discute várias dessas interpretações (PESSOA Jr., 2006).

Podemos então estender a proposta acima e dizer que, em geral, quando duas ou mais teorias físicas distintas, eventualmente contraditórias, igualmente estão de acordo com os "dados empíricos", o que acontece é que modelos distintos de uma mesma estrutura se adequam – são homeomorfos – a "modelos de dados".[242]

6.3 O "MUNDO" É FEITO DE COISAS OU DE PROCESSOS?

Para o físico e filósofo italiano Giuliano Toraldo di Francia, o início do século XX testemunhou uma revolução na concepção de "objeto físico". As teorias da relatividade – especial e geral – e a mecânica quântica são unanimemente retratadas por muitos como as grandes revoluções na física do início do século passado. O que muitas vezes não é observado, sustenta Toraldo di Francia, é que uma revolução extremamente significativa ocorreu com o surgimento dessas teorias – além das advindas delas próprias –, trata-se da descoberta dos *objetos nomológicos*, isto é, objetos *dados* por leis físicas (TORALDO DI FRANCIA, 1978).

Segundo Toraldo di Francia, objetos nomológicos teriam massas, cargas, momentos angulares (*spin*) etc. *determinados*. Alguns deles, como fótons e neutrinos, teriam até uma velocidade bem determinada. Objetos nomológicos seriam, portanto, "prescritos" por leis físicas; ou, talvez, cada uma de suas classes representaria uma lei física. Assim, por exemplo, alguém pode formular a lei onde a massa $m = 9{,}1 \times 10^{-23}\, g$ deve sempre ser acompanhada por uma carga elétrica $e = \pm\, 4{,}8 \times 10^{-10}$ *e.s.u.*, por um *spin* $h/2$ etc. (*ibid.*). Com essa concepção de lei física, Toraldo di Francia reconhece que todos os objetos físicos seriam, na verdade, mais ou menos nomológicos. A diferença com o caso da mecânica quântica seria a de que o objeto estaria "submetido" a uma *espécie* (*kind*), no sentido de que um elétron, por exemplo, é definido ser aquela espécie de coisa que tem uma massa $m = 9{,}1 \times 10^{-23}\, g$, uma carga elétrica $e = \pm\, 4{,}8 \times 10^{-10}$ *e.s.u.* etc., e qualquer coisa que tenha essa coleção – definida – de propriedades *deve* ser um elétron. A conjunção dessas propriedades (e eventualmente outras) daria a *intensão* do conceito "elétron", ou seja, sua definição (*ibid.*).

Se uma partícula sempre é determinada por suas propriedades, resta-nos descobrir o que seriam essas propriedades. Mencionamos

[242] O "homeomorfismo" parece ser a relação mais adequada devido às considerações da seção 5.2. Chamo aqui as estruturas dos "dados empíricos" de "modelos de dados", mas não quero comprometer-me necessariamente com o sentido que Suppes dá a essa expressão.

acima apenas propriedades *intrínsecas* do elétron. De fato há outros tipos de propriedades, como as que são dependentes de estado (físico) ou mesmo gerais, por exemplo, "ser uma partícula elementar", "pertencer à família dos férmions", "pertencer ao grupo dos léptons", "ter sido descoberto experimentalmente por J. J. Thomson em 1897" etc. Mesmo que essas propriedades caracterizem de certa maneira o elétron, elas não são essenciais para a sua *definição física*. Se tomarmos uma propriedade intrínseca como *massa*, temos que algo só pode ser considerado um elétron se tiver $m = 9{,}1 \times 10^{-23}\ g$; qualquer coisa que tenha todas as propriedades intrínsecas idênticas a do elétron, exceto que possua mais ou menos massa, não será considerada pelos físicos um elétron.

O importante aqui é observar que, ao que tudo indica, a postura adotada na física do século XX – e certamente do XXI – de fato se diferencia daquela adotada pela física clássica. Nessa, os objetos geralmente são *descritos* por uma teoria: posso descrever uma bola de bilhar, por exemplo, identificando seu tamanho, massa, velocidade etc. Neste sentido, o objeto é dado *antes* da descrição – afinal, geralmente se supõe que sempre descrevemos "algo". No caso da física contemporânea, aparentemente não representamos o "objeto", na teoria, através de suas características, mas *apresentamo-lo*. Essa apresentação é "fixa" – no sentido de que as características do "objeto" apresentado são fixas –, dada através da teoria, e é isso que Toraldo di Francia quer dizer com "objeto nomológico".[243]

Mas o que seria uma característica como "massa"? O físico Max Jammer (1997, 2000), por exemplo, mostra uma evolução histórica desse conceito, mostrando sua interpretação na física clássica e contemporânea – relatividade especial e geral e "modelo padrão". Jammer destaca a importância da equivalência estabelecida por Einstein entre massa e energia na famosa equação $E = mc^2$, e lembra que o "modelo padrão" da física quântica segue em grande medida essa equação (JAMMER, 2000, § 3 e 5). Isso parece reforçar a ideia de Toraldo di Francia de que partículas elementares como o elétron sejam estruturas relacionais estabelecidas, apresentadas, por leis físicas, e que essas leis por sua vez envolvem relações de algum tipo. Sendo assim, aparentemente o que nos restaria seriam relações de algum tipo, e dependendo de como elas são "arranjadas" – definidas – numa estrutura teríamos diferentes partículas, cujo *comportamento* é descrito,

---

[243] Voltarei a falar da distinção *representação/apresentação* mais à frente.

representado, por equações físicas, que podem ser vistas também como estruturas (cf. seção 5.3.1).[244]

De um ponto de vista filosófico, e seguindo a ideia dos objetos nomológicos, restaria mostrar que a expressão "estrutura do elétron", por exemplo, não tem apenas um sentido metafórico, mas ontológico ou metafísico. Na verdade, talvez o mais adequado seria dizer que as partículas elementares *são* estruturas, e não que elas *possuem* uma estrutura, já que esta segunda opção aparentemente sugere que haja algo "além" da estrutura, o que vem sendo negado por alguns filósofos. Sabemos que essa é a proposta do realismo estrutural ontológico.

Vimos na seção 3.2 que Ladyman e Ross defendem uma metafísica naturalista que não aceita o conceito de "causa" – segundo eles, por esse não ser científico – nem a estratificação do "mundo" em níveis de realidade sobre a qual ele é baseado. Para eles, a metafísica naturalista também não concebe o "mundo" como sendo "feito" de algo. Isso significa, segundo os autores, que a física não modela o "mundo" em termos de tipos objetos (LADYMAN; ROSS, pp. 4-5). Mas se não é de objetos, do que ele é feito? Eles dirão que a física modela o mundo através de *estruturas*.

Um importante físico da atualidade, Lee Smolin, em seu livro *Três caminhos para a gravidade quântica*, difere de Ladyman e Ross quanto à legitimidade das relações causais[245], mas também defende que o "mundo" não é feito de objetos; para ele, o "mundo" é feito de processos. Segundo ele,

> [...] é por causa da avassaladora importância das relações causais na estrutura de nosso mundo que as histórias são muito mais informativas que as descrições. [...] Portanto, parece que há duas espécies de coisas no mundo. Existem objetos como as rochas e os abridores de latas, que simplesmente existem e podem ser completamente explicados por uma lista de suas propriedades. E existem coisas que somente podem ser compreendidas como processos, somente podem ser explicadas contando uma história. Para as

---

[244] A teoria dos objetos nomológicos não se restringe ao mundo subatômico. Toraldo di Francia defende que ela também se aplica à cosmologia (TORALDO DI FRANCIA, 1978). Na verdade, como ele diz, "[s]er *dado por-lei* (*law-likeness*) é uma propriedade que tem diferentes *graus*. Todos os objetos da física são mais ou menos nomológicos (*op. cit.*, p. 63)".

[245] Não vou entrar aqui na discussão sobre quem está com a razão em relação à causalidade. Talvez nenhum dos dois.

> coisas do segundo tipo, uma simples descrição nunca é suficiente. Uma história é a única descrição adequada para elas [...] (SMOLIN, 2002, p. 60).

Logo mais à frente, Smolin complementa dizendo que:

> [...] Nem toda a habilidade do artista pode transformar um processo em uma coisa, pois não existem coisas, apenas processos que parecem mudar lentamente segundo nossas escalas de tempo humanas. [...] Portanto, não existem de fato duas categorias de coisas no mundo: objetos e processos. O que há são processos relativamente rápidos e processos relativamente lentos. E uma história pode ser curta ou longa, mas é a única explicação realmente adequada para um processo (*op. cit.*, p. 61).

Processos são, segundo Smolin, "coleções" de eventos; esses são a menor parte de um processo, a menor unidade de mudança. Em outras palavras, um evento é uma ocorrência de propriedades (relações) numa certa região do espaço-tempo. De acordo com Smolin, um evento não é, todavia, uma mudança que acontece em um objeto estático, mas apenas a mudança, e um universo de eventos "é um *universo relacional*, isto é, todas as suas propriedades são descritas em termos de relações entre os eventos. A relação mais importante que dois eventos podem ter é a *causalidade* (*op. cit.*, p. 62; itálicos no original)". Assim, para Smolin, o universo é um sistema de relações, e sua geometria

> [..] é muito parecida com a estrutura gramatical de uma frase. Da mesma forma que uma frase não tem estrutura ou existência fora das relações entre as palavras, o espaço não tem existência fora das relações que existem entre as coisas no universo. Se modificarmos uma frase, eliminando algumas palavras ou alterando sua ordem, a estrutura gramatical da frase será diferente. Da mesma forma, a geometria do espaço se modifica quando as coisas no universo alteram as relações que têm entre si (*op. cit.*, p. 28).

Lembrando que, para Smolin, essas "coisas" entre as quais as relações se dão são, na verdade, processos, e esses também são, por sua vez, relações.[246] A visão do espaço, por exemplo, como algo que independe de quaisquer relações – um espaço absoluto, como defendia Isaac Newton – não pode mais ser sustentada, caso aceitemos a teoria da relatividade. Com respeito a essa teoria, Smolin afirma que:

> Um aspecto confuso é que a teoria da relatividade geral pode descrever, de uma maneira coerente, universos que não contenham matéria. Isso poderia nos levar a acreditar que a teoria não é relacional, pois existe espaço mas não matéria, e não há relações na matéria que sejam adequadas para definir o espaço. Mas isso está errado, e o erro reside em pensar que as relações que definem o espaço devem ser relações entre partículas materiais. Sabemos, desde a metade do século XX, que o mundo não é composto só por partículas. Uma visão oposta, que caracterizou a física do século XX, é a de que o mundo é também composto por campos (*op. cit.*, p. 30).

Por sua vez, Smolin sustenta que um "campo" sempre é definido por relações, e que "[o]s pontos do espaço não têm existência em si mesmo – o único significado que um ponto pode ter é um nome que damos a uma característica particular na rede de relações entre os três conjuntos de linhas de um campo (*op. cit.*, p. 31). Em relação ao tempo, Smolin argumenta que ele deve ser entendido apenas em termos de mudanças na rede de relações que descreve o espaço, adquirindo também uma característica relacional.[247]

Tanto a teoria dos "objetos nomológicos" quanto a ideia defendida por Smolin de que o "mundo" não é composto de coisas, mas de processos – vistos como "coleções" de relações (eventos) – parecem contribuir para uma defesa do realismo estrutural ontológico. É claro que isto não quer dizer que essas teorias comprovam-no, primeiro, porque elas mesmas podem ser questionadas, segundo, insisto que o realismo estrutural ontológico é uma teoria *filosófica*, e não sei se ela

---

[246] Por isso, sustenta Smolin, não pode haver um universo com uma única "coisa", pois não haveria relações para definir onde essa coisa está (*ibid*.).

[247] Infelizmente, não há espaço aqui para discutir com detalhes a proposta de Smolin. Ela é apresentada principalmente no capítulo 4 da obra citada.

pode ser "comprovada" – afinal, o que significa este conceito? O máximo que podemos dizer é que, na proposta de que o realismo estrutural ontológico deva "ler" a física relevante e derivar dela consequências filosóficas, e que as duas teorias apresentadas acima parecem fazer isso, então podemos dizer que elas contribuem para a defesa desse. Em particular, elas parecem ajustar-se muito bem às O-estruturas vistas acima, afinal, a ideia de que os "objetos nomológicos" são apresentados estruturalmente e a de que os "objetos" são processos relacionais possuem em comum justamente o fato de entendê-los não como objetos individuais, mas como estruturas. O uso da palavra 'objeto' nestes dois casos parece mesmo inadequada; creio que tanto Toraldo di Francia quanto Smolin estariam dispostos a substituí-la pela palavra 'estrutura'.[248]

6.4 COMO "LIGAR" A TEORIA AO "MUNDO"?

Dizer o que seja uma teoria científica é um dos assuntos-chave da filosofia da ciência. Não vou aqui discutir as várias sugestões propostas e as discussões que elas levantaram ao longo dessa disciplina. Em vez disso, vou assumir algo parecido com o que a abordagem semântica defende. Para ela, em poucas palavras, uma teoria científica é uma classe de modelos. Aqui uma teoria física, por exemplo, pode ser representada por uma estrutura da forma $T = \langle D, R_{\mathrm{i}} \rangle_{i \in I}$, onde D é um domínio cujos elementos são relações de certa aridade e R_{i} uma família de relações – simetrias, por exemplo – que agem sobre os elementos de D. Formalmente, essa estrutura pode ser definida na teoria ZFC* apresentada anteriormente – já que ela parece ser a mais adequada para os propósitos dos realistas estruturais ontológicos, ou, no mínimo, aparenta dar conta do que eles pretendem defender. Assim, uma teoria científica passa a ser vista como uma estrutura; mas, como "liga-la" ao "mundo"? Um passo importante para responder a isso é justamente explicar o que se entende por "mundo". Passo importante, mas também bastante ambicioso, e obviamente não será tratado aqui. Uma proposta um pouco mais modesta, porém, pode ser sugerida nos seguintes termos.

---

[248] Por exemplo, diz Toraldo di Francia que "[h]oje, a sentença "há objetos físicos" é melhor substituída pela sentença "há invariantes no mundo físico" (TORALDO DI FRANCIA, 1978, pp. 61-2). Invariantes, em física, são, *grosso modo*, grandezas imutáveis perante grupos de transformações, por exemplo, o *spin* do elétron mencionado acima é um invariante. E ainda: "[*d*]*e algum modo*, objetos físicos são hoje *grupos de propriedades*, prescritas por leis físicas." (*op. cit*., p. 63)

Assumindo um tipo de "relatividade ontológica" – que não precisa ser compreendida necessariamente em termos quineanos – para o realismo estrutural ontológico, podemos dizer que uma determinada teoria física – uma coleção delas ou mesmo seus "prolongamentos" – assume *O*-estruturas como fazendo parte de sua ontologia. Em outras palavras, podemos dizer que a teoria física em questão está comprometida ontologicamente com O-estruturas ao assumi-las.[249] Desse modo, em vez de falarmos em "mundo", falamos mais restritamente de *O*-estruturas de uma teoria científica, que por sua vez é também uma estrutura! Afinal, lembro que é exatamente isso que o realista estrutural ontológico defende: *tudo* são estruturas. Agora, restar-nos-ia mostrar como *O*-estruturas poderiam ser "ligadas" a outras estruturas, por exemplo, os "modelos de dados".

O primeiro passo é entendermos o que significa o termo "ligar". "Ligar" uma estrutura a outra significará aqui estabelecer-se um *homomorfismo* entre elas. Intuitivamente, um homomorfismo, do ponto de vista matemático, é uma aplicação que preserva as relações da estrutura. Pelas questões levantadas na seção 5.2, o conceito de estrutura talvez seja mais bem aproveitado pelo realismo estrutural ontológico se for compreendido em termos de estruturas parciais, neste caso, também seria mais adequado falarmos em *homomorfismo parcial*. Assim, os conceitos de "estrutura" e "modelo" mencionados abaixo podem ser considerados a partir da abordagem das estruturas parciais.

Um *modelo físico material/concreto*, como o próprio nome já indica, é a contraparte material de um modelo físico teórico, e a relação estabelecida entre eles é a de homomorfismo. Ele nada mais é do que um modelo de uma *O*-estrutura. Um *modelo físico teórico* é uma estrutura que satisfaz o formalismo matemático da teoria em questão.[250] Aqui, um modelo *não representa* um objeto; é ele a *apresentação* do "objeto", que não precisa ser visto como um indivíduo, mas como um modelo físico material/concreto. Neste sentido, a ideia de representante e representado (*model-to-subject*) mencionada na seção 5.3.1 dá lugar à noção de apresentação de modelos pela teoria – lembro que, na

---

[249] Do ponto de vista do realismo estrutural ontológico, isso também se aplicaria à matemática: teorias matemáticas estão comprometidas ontologicamente com *O*-estruturas. Isso pode ter como consequência o fato de que nem todas as estruturas matemáticas existem. De um modo mais geral, a seguinte máxima poderia ser adotada pelo realismo estrutural ontológico: tudo aquilo que uma teoria está disposta a dizer que existe são estruturas, mas nem todas as estruturas da teoria existem.

[250] Para as distinções entre estes vários sentidos de "modelo", cf. subseção 5.3.1 e KOPERSKI, 2006.

abordagem semântica, apresentar uma teoria é apresentar uma família de modelos.[251] Essa apresentação pode ser vista através de homomorfismos (eventualmente parciais).

O empirista construtivo ou estrutural, como van Fraassen e Otávio Bueno, defendem que uma teoria científica é empiricamente adequada quando as subestruturas empíricas de modelos físicos teóricos[252] são homeomorfas a modelos de dados[253], provenientes de fenômenos causados por entidades observáveis diretamente (a olho nu). É importante observar que, para Suppes e van Fraassen (por exemplo, VAN FRAASSEN, 1989, p. 229), modelos de dados são compreendidos como modelos de uma *teoria de dados*, e não dos "dados" simplesmente; eles não são meras descrições do que é observado. Suppes também chama a atenção para a necessidade de termos uma teoria do fenômeno para relacionarmos a essa uma teoria de dados. O realista estrutural ontológico pode concordar com o empirista construtivo ou estrutural nesses aspectos – de fato, essa afirmação é frequente –, mas deve diferenciar-se desse no que diz respeito às entidades inobserváveis.[254] Além dos modelos de dados obtidos de fenômenos produzidos por entidades diretamente observáveis, o realista estrutural ontológico poderia sustentar que a física também se compromete com estruturas homeomorfas a modelos de dados obtidos de fenômenos produzidos por entidades inobserváveis.

Dentro da tentativa de defesa do realismo estrutural ontológico apresentada aqui, essa teoria do fenômeno deveria ser *apresentada* pela própria física em termos estruturais – lembrando que assumimos acima que uma teoria científica *é* uma estrutura –, por exemplo, por modelos físicos materiais/concretos apresentados via homomorfismo por modelos físicos teóricos. Esses podem ser homeomorfos a modelos

---

[251] Muitas teorias físicas contemporâneas, como a física quântica, relatividade (restrita e geral) e tentativas de fusão dessas – por exemplo, teorias das cordas e da gravitação quântica –, aparentemente apresentam ontologias, em vez de representar uma, como acontece com a física clássica. Brading e Landry discutem as diferenças entre representação e apresentação no contexto do estruturalismo em ciências (BRADING; LANDRY, 2006). A distinção que faço nesta seção foi inspirada por esse artigo, embora não esteja de acordo com muitas ideias que são apresentadas nele.

[252] Vale observar que essas subestruturas empíricas também são teóricas.

[253] No sentido de Suppes. Mencionei na seção 5.2 que Suppes sugeriu uma hierarquia de modelos que vão desde o "alto" nível da teoria (nível matemático) até o "baixo" nível dos fenômenos como sugestão de como "ligar" a teoria ao "mundo" dentro de um postura semântica (SUPPES, 1962). Uma hierarquia semelhante parece ser desejável para um defensor do realismo estrutural ontológico.

[254] Aquelas que não são "diretamente" observáveis, no sentido de van Fraassen. Cf. seção 4.5.3.

físicos materiais/concretos diretamente observáveis num momento t – nesse caso se aproximando do empirismo construtivo ou estrutural –, mas podem também ser homeomorfos a modelos físicos materiais/concretos *indiretamente* "observáveis" – os chamados "inobserváveis" – no momento t, mas que podem no futuro ser diretamente observáveis num momento t_1, com $t_1 > t$, e é essa possibilidade que deveria diferenciar o realismo estrutural ontológico do empirismo construtivo ou estrutural.

6.5 "OBJETIVIDADE", INTERSUBJETIVIDADE E APRIORISMO

Vimos acima que o realista estrutural ontológico pode defender que é mais adequado falarmos de uma ontologia relativamente a uma teoria – ou seja, as entidades que tal teoria está disposta a admitir como "existentes" –, que falarmos simplesmente de uma ontologia geral. Essa ideia é semelhante ao relativismo ontológico de Quine, mas não precisamos necessariamente nos comprometer com sua teoria, adotando apenas algo semelhante a ela. Assim, podemos falar dos compromissos ontológicos de uma teoria física como a mecânica quântica – ou alguns de seus "prolongamentos" – sem comprometermo-nos necessariamente com a ontologia da psicologia ou da sociologia, por exemplo. Isso não significa, porém, que o realismo estrutural ontológico não possa ser a elas aplicado, apenas que essa é uma questão mais delicada, e que necessita de maiores investigações.[255] Aparentemente, isso entraria em "conflito" com a proposição universal que é o núcleo do realismo estrutural ontológico: *tudo* o que há são estruturas. Creio que o "conflito" seja apenas aparente, pois alguém poderia defender que o que está sendo dito é que tudo aquilo que uma *teoria* diz que existe é de caráter estrutural. Se uma determinada teoria não está comprometida ontologicamente com unicórnios, então unicórnios não existem para essa teoria; consequentemente, unicórnios não são estruturas. Genericamente, numa dada teoria, pode-se dizer que para todo x, se x faz parte da ontologia da teoria, então x é uma estrutura; mas a recíproca não é verdadeira, ou seja, existem estruturas que não fazem parte da ontologia da teoria. Essa talvez possa ser uma alternativa ao problema das estruturas excedentes (*surplus*) visto na seção 5.2.

---

[255] Como Ladyman e Ross adotam um reducionismo físico, eles não veem problema algum em afirmar que o realismo estrutural ontológico se aplica a *toda* a ciência (Cf. LADYMAN; ROSS, 2009, § 1 e seção 3.2 desta tese).

Vimos também que seria mais adequado para o realismo estrutural ontológico defender que uma teoria como a física quântica não representa uma ontologia, mas *apresenta* uma. A ideia de *apresentar* um modelo físico material/concreto em vez de *representar* um objeto físico – um indivíduo – se assemelha à proposta da teoria dos objetos nomológicos de Toraldo di Francia e da teoria “processual” de Smolin. Uma crítica que foi feita à teoria dos “objetos nomológicos” e que também se aplica ao realismo estrutural ontológico concerne à “objetividade científica” nesses contextos. Tanto a teoria dos “objetos nomológicos” quanto o realismo estrutural ontológico parecem ir contra a própria noção de “objetividade”, considerada como uma das grandes “conquistas” da ciência. Se o “objeto” é dado por leis científicas, como afirma Toraldo di Francia, então aparentemente teríamos uma contradição, um “objeto subjetivo”. Essa contradição, acredito, só surge se sustentarmos algum tipo de construtivismo e afirmarmos que essas leis científicas são meras “construções humanas”, ficções úteis. Mas um realista não precisaria seguir esta linha – na verdade, ele não *deveria* segui-la. Vejamos uma citação de Toraldo di Francia que se refere ao desenvolvimento dos “objetos nomológicos”:

> A principal razão para esse desenvolvimento é, na minha opinião, que os corpos físicos eram reconhecidos como *contingentes*. Suas formas, massas, cargas etc. podiam ser prescritas à vontade. A segunda lei da dinâmica requer $f = ma$, mas nenhuma lei prescreve o valor de m. A lei de Coulomb prescreve que o $f = (q_1.q_2)/r^2$, mas nenhuma lei prescreve o valor de q_1, ou de q_2, e assim por diante. Os objetos não eram-como-leis (*law-like*), ou *nomológicos*; suas configurações individuais não tinham nada a ver com leis. Podíamos imaginar ou construir qualquer objeto de qualquer massa, forma, carga, etc., sem violar qualquer lei da natureza (TORALDO DI FRANCIA, 1978, p. 62).

Já sabemos que os “objetos nomológicos”, por outro lado, são dados ou apresentados por leis científicas, suas características são determinadas por essas, e não apenas descritas ou representadas. Segundo Toraldo di Francia, longe de prejudicar a “objetividade científica”, os “objetos nomológicos” garantem-na: “[e]m um sentido, sua legitimidade é hoje até melhor garantida do que a dos objetos de antigamente, uma vez que sua *estrutura* está estabelecida pela lei física, em vez de ser deixada à escolha arbitrária do observador (*op. cit.*, p. 64; itálico meu).”

Já no caso do realismo estrutural ontológico, mencionei na seção 3.2 que essa teoria foi acusada de violar um dos requisitos básicos do realismo, o de um mundo independente da mente. Seria a “objetividade” ainda mantida sem os objetos (entendidos individualmente)? French e Ladyman remontam essa preocupação ao filósofo Ernst Cassirer, quem escreve: “não estamos muito preocupados com a existência das coisas, mas sim com a validade objetiva das relações; e todo o nosso conhecimento dos átomos pode ser reconduzido, e dependente, dessa validade.” (CASSIRER, 1936, p. 143 apud LADYMAN; FRENCH, 2003[a], p. 38) Para Cassirer, na mecânica clássica, a objetividade consiste na persistência espaço-temporal de objetos individuais. Isso formaria a base da “visão de mundo” da física clássica (de partículas), onde teríamos objetos individuais possuindo propriedades temporais e trajetórias espaço-temporais bem definidas, e seria essa “visão de mundo” que a mecânica quântica questiona (pelo menos na versão ortodoxa). Segundo French e Ladyman, não podemos dizer que as partículas possuem, o tempo todo, todas as propriedades bem definidas, sem ambiguidades – mesmo além das interações de mensuração –, ou que elas sempre viajam com trajetórias bem definidas (*ibid.*).

O que Cassirer afirma, dizem French e Ladyman, é que neste caso temos uma inversão da relação clássica entre os conceitos de objeto e lei. Em vez de começarmos com uma entidade absolutamente definida que possui certas propriedades, e que entra em relações bem definidas com outras entidades, onde essas relações são expressas como leis da natureza, começaremos agora com as leis que expressam as relações em termos das quais as entidades são constituídas. Do ponto de vista estruturalista, a entidade não constituiria um ponto de partida auto-evidente, mas o objetivo final e a conclusão das considerações. Assim, *a objetividade é determinada através da lei*, que é anterior a ela, e os limites da lei são os limites do nosso conhecimento objetivo (*ibid.*). Seriam garantidos, desse modo, o requisito básico do realista – o de um mundo independente da mente – e a “objetividade científica”, talvez melhor compreendida no contexto do realismo estrutural ontológico como *intersubjetividade*. Dentro da terminologia apresentada acima, podemos dizer que os modelos físicos materiais/concretos – os “substitutos” dos objetos individuais – são intersubjetivos, apresentados *a priori*. É isso que significa dizer que eles são apresentações e não representações.

6.6 O DILEMA DE BENACERRAF APLICADO AO REALISMO ESTRUTURAL ONTOLÓGICO

Mencionei primeiramente esse dilema na seção 4.3, no contexto do realismo matemático, mas relembrá-lo-ei brevemente. Paul Benacerraf, importante filósofo da matemática, em seu artigo *Mathematical Truth* apresentou um argumento que ficou conhecido como "dilema de Benacerraf". Esse argumento tem como objetivo atacar especialmente a dimensão epistemológica do realismo matemático, mas tem também como consequência uma suposta refutação da ontologia platônica. Em poucas palavras, o argumento diz que todo conhecimento é causal. Como os objetos matemáticos são vistos pelos platônicos como entidades abstratas, como o matemático poderia ter conhecimento deles, pressupondo-se que entidades abstratas não podem entrar em relações causais com entidades concretas (os matemáticos)? Nas palavras de Benacerraf,

> Se nossa explicação do conhecimento empírico é aceitável, deve sê-lo em parte porque trata de tornar evidente a conexão no caso de nosso conhecimento teórico, onde não está claro *prima facie* como se pode completar a explicação causal. Assim, quando chegamos à matemática, a ausência de uma explicação coerente de como se conecta nossa intuição com a verdade das proposições matemáticas torna insatisfatória a explicação global. (BENACERRAF, 1983, p. 416)

Como disse, o argumento é essencialmente epistemológico, como evidencia a citação acima, mas tem também consequências ontológicas – afinal, se não podemos conhecer os objetos matemáticos enquanto entidades abstratas, como dizer mesmo que eles existem? O dilema de Benacerraf foi originalmente concebido para atacar o platonismo em matemática, mas aparentemente se transfere para o realismo estrutural ontológico, pelo menos na medida em que esse depende de um realismo matemático – afinal, o conceito de estrutura matemática é defendido pela maioria dos realistas estruturais como sendo fundamental à sua teoria.

Acredito, portanto, que seja importante uma tentativa de solução deste dilema por parte do realista estrutural ontológico. Minha sugestão é mais ou menos a seguinte. Em primeiro lugar, adoto novamente uma postura *semelhante* – e apenas semelhante – ao relativismo ontológico quineano[256], ou seja, devemos procurar sempre restringirmo-nos à ontologia de uma teoria em particular e não referirmo-nos a uma ontologia geral. Ladyman e Ross fazem algo parecido, mas eles adotam também um reducionismo físico que não estou disposto a defender (LADYMAN; ROSS, 2009, § 1; ver também a seção 3.2 acima). Assim, acima de tudo, o realismo estrutural ontológico é, a meu ver, uma teoria voltada para a física, podendo aparentemente também ser sustentado na química ou até mesmo na biologia, mas isso não significa necessariamente que essas duas últimas ciências sejam redutíveis à física, como sustentam Ladyman e Ross (*ibid.*). Quanto à possibilidade de aplicação do realismo estrutural ontológico a outras ciências, como as humanas, prefiro abster-me, devido à enorme dificuldade – e prefiro falar deliberadamente em "dificuldade" e não "impossibilidade" – em sustentar tal ideia.

Meu segundo ponto – também sustentado por Ladyman e Ross em sua defesa de um "naturalismo metafísico" – é o de que o realismo estrutural ontológico deve "ler" a física contemporânea, ou seja, ele não é uma teoria metafísica *a priori*, mas surge da interpretação de teorias físicas e da própria prática dos físicos. A subdeterminação metafísica questiona isso, mas vimos acima como ela poderia ser superada.

Por fim, apresento um terceiro pressuposto, que acredito ser original no contexto do realismo estrutural ontológico. Penso que é fundamental distinguirmos de alguma maneira estruturas/modelos lógico-matemáticos de estruturas/modelos físicos. Afinal, seria muito estranho, para dizer o mínimo, que uma teoria *realista* que se propõe a "ler" a física não fizesse esta distinção, identificando estruturas/modelos físicos com estruturas/modelos lógico-matemáticos, tornando toda a realidade física abstrata – o inverso, identificar estruturas matemáticas com estruturas físicas parece menos "estranho"; de fato, vimos na seção 4.3 que alguns filósofos o fazem. É claro que alguém poderia argumentar que "estranheza" não é um critério epistemológico de seleção, ainda mais em filosofia.[257] Concordo, mas o que quero dizer é que identificar o físico com o abstrato no contexto do realismo estrutural

---

[256] Defendido por ele, por exemplo, em seu *Relatividade ontológica e outros ensaios*. Não quero comprometer-me aqui, porém, com uma defesa do relativismo ontológico de Quine. Tomo dele apenas a ideia básica de que devemos sempre falar de uma ontologia relativizada a uma teoria, e não em uma ontologia geral.

[257] Afinal, não era algo parecido com isso que os pitagóricos sustentavam?

ontológico entra em conflito com o segundo pressuposto acima, já que estaria disposto a defender que a grande maioria dos físicos experimentais, por exemplo, dirige-se ao seu laboratório esperando encontrar lá objetos abstratos; o traço de um suposto elétron numa câmara de Wilson não é interpretado, pelo menos pela grande maioria dos físicos – até mesmo os antirrealistas –, como tendo sido "produzido" ou "causado" por uma entidade abstrata.[258]

Assim, uma possível alternativa seria identificar as entidades ontologicamente elementares da física quântica – ou de teorias mais atuais – com modelos físicos materiais/concretos de modelos físicos teóricos/formais obtidos através de interpretações do formalismo matemático padrão dessa teoria física, que por sua vez pode ser apresentado através de estruturas matemáticas, homeomorfas às estruturas físicas teóricas. A grande questão para o terceiro pressuposto acima passa a ser a de traçar uma separação entre modelos físicos materiais/concretos e modelos físicos teóricos/formais.

Há muito tempo os físicos nos contam que as entidades ontologicamente elementares da física contemporânea diferem em muitos aspectos dos objetos do nosso cotidiano, ditos "macroscópicos". Dizer, portanto, que o que difere os modelos físicos dos teóricos são algumas características próprias apenas aos primeiros, como matéria (massa), energia, poder causal ou espaço-temporalidade é "pisar em ovos", visto que estes conceitos nem sempre estão presentes nessas entidades ontologicamente elementares. De acordo com a física quântica e a teoria da relatividade restrita, fótons, por exemplo, não possuem massa. No capítulo 4, apresentei em várias passagens a clássica distinção entre objetos concretos e objetos abstratos em termos de localização espaço-temporal e poder causal. A objeção de Benacerraf contra o realismo matemático terá como base justamente o fato de os objetos matemáticos serem causalmente inertes.

Estes critérios de demarcação, no entanto, são altamente dúbios no reino da física contemporânea. Como apontam Ladyman e Ross, o experimento EPR, por exemplo, e a interpretação do espaço-tempo na teoria da relatividade geral sugerem que a causalidade talvez tenha que ser repensada (LADYMAN; ROSS, 2009, p. 160).[259]

Ladyman e Ross rejeitam a dicotomia abstrato/concreto e sugerem uma aproximação entre objetos físicos e matemáticos,

---

[258] "Grande maioria", neste caso, talvez possa ser interpretado de um ponto de vista pragmático.
[259] Não abordarei esta questão aqui.

apresentando para isso uma analogia com valores em um banco: se temos uma determinada quantia numa conta de banco, não nos importa quais notas *particulares* (materiais, concretas) são utilizadas, caso queiramos sacar esse valor. O valor é algo abstrato e não tem individualidade (*op. cit.*, §§ 3.6). Semelhantemente, segundo eles, as entidades ontologicamente elementares não possuem individualidade, portanto, poderiam assemelhar-se em abstração ao valor na conta do banco.

Não estou disposto a segui-los neste ponto por dois motivos, pelo menos. Primeiro, do fato de algo ser abstrato e não ter individualidade não implica que tudo aquilo que não tenha individualidade seja abstrato. Segundo, embora concorde que o valor seja abstrato, as notas que o representam não o são; os dez reais de minha conta são abstratos, mas a nota de dez reais que retiro no caixa não é. Mais uma vez, creio que não seja adequado do ponto de vista filosófico encarar as entidades ontologicamente elementares da física como abstratas. Essas entidades, supõe-se, são os constituintes de toda a matéria, do computador no qual escrevo agora, por exemplo. Seria uma complicação metodológica desnecessária, a meu ver, encará-las como abstratas e sair em busca de um critério de demarcação para estabelecer-se onde termina o abstrato e começa o concreto *na própria física*. Não quero dizer com isso que não haja discussões físicas sobre certas "coisas" serem materiais ou não, mas a decisão sobre a questão cabe apenas aos físicos.[260] Como estou pressupondo que o realismo estrutural ontológico deve apenas "ler" a física relevante, ele nada pode decidir sobre isso. É claro que esta posição não é decisiva, pois alguém poderia argumentar que nada nos garante que de fato as coisas tenham que ser metodologicamente simples, ou mesmo defender, ao estilo dos pitagóricos, que a realidade física é composta de entidades matemáticas.

O que nos interessa no momento, todavia, não é estabelecer um critério de demarcação entre concreto/abstrato, muito menos dizer que objetos abstratos não existem, mas apenas que a física lida, na interpretação do realismo estrutural ontológico apresentado aqui, com entidades materiais/concretas, *em algum sentido*. Também não rejeito *a priori* que o espaço-tempo – devidamente entendido – e relações causais – devidamente entendidas – possam ser critérios de "materialidade" ou "concretude".

---

[260] Mais uma vez, físicos discutirem se algo é material ou abstrato é legítimo, mas um filósofo sustentar, com base na física, que *tudo* é abstrato é questionável, a não ser, evidentemente, que a maioria da comunidade física passe a sustentar o mesmo.

Na medida em que não temos ainda uma teoria unificada de todas as forças fundamentais da física, não podemos afirmar exatamente em que consistem esses modelos físicos materiais/concretos e o que os diferenciam dos modelos físicos teóricos/formais. Isso parece enfraquecer o realismo estrutural ontológico. Não encaro, porém, dessa maneira. Se o que pretendemos é "ler" a física para obtermos nossa metafísica – e neste ponto estou de acordo com Ladyman e Ross –, e se o "livro" ainda não está terminado – e nem sabemos se ele algum dia vai ser terminado, ou mesmo que seja "terminável" –, então o máximo que podemos fazer no momento é "tatear" as páginas e obter algumas pistas para nossa metafísica. Isso, porém, deixa inalterada a afirmação central da nossa interpretação do realismo estrutural ontológico, que diz que as entidades ontologicamente elementares das nossas teorias físicas atuais são modelos físicos matérias/concretos, mesmo que ainda não saibamos exatamente o que torna esses modelos entidades concretas e não abstratas – se é que essas existem ou tem "ser". Essa "lacuna" epistemológica em nada se aproxima, todavia, das afirmações do realismo estrutural epistemológico. Esse afirma que há uma distinção entre conteúdo e estrutura, e que o conteúdo está "velado" ao nosso conhecimento, restando-nos conhecer apenas a estrutura. Já sabemos que o realismo estrutural ontológico não faz esta distinção entre conteúdo e estrutura, portanto, não existe também um conteúdo "velado" ao nosso conhecimento.

Finalmente, como o dilema de Benacerraf aplicado ao realismo estrutural ontológico poderia ser superado? Uma primeira opção seria assumir que os modelos físicos materiais/concretos de fato não são abstratos. Precisamos, neste caso, de um critério de "materialidade" ou "concretude" que contemple a relação de causalidade. Assim, o dilema de Benacerraf aplicado ao realismo estrutural ontológico não se põe, pois uma de suas premissas, acerca da abstração, deixa de figurar no argumento. Mas e quanto às estruturas teóricas? Aqui, aparentemente, podemos ter duas saídas: a) estruturas teóricas de fato são abstratas, mas o conhecimento delas não é causal – isso não resolve o problema, a menos que apresentemos uma teoria do conhecimento não causal elaborada; b) adotamos algum tipo de naturalismo semelhante ao da filosofia da matemática. Esta última opção talvez seja a mais interessante para o realista estrutural ontológico. Ele pode sustentar que na verdade não há estruturas teóricas, elas são apenas "um modo de dizer".[261] Não quero, porém, sustentar nenhuma dessas ideias nesta tese, apenas as coloco aqui como *possíveis* caminhos a serem desenvolvidos no futuro por realistas estruturais ontológicos.

6.7 ARGUMENTO DO MILAGRE E METAINDUÇÃO PESSIMISTA REVISADOS

Por fim, vejamos algumas sugestões com respeito ao último dos problemas selecionados neste capítulo. Os argumentos do milagre (ou não-milagre) e da metaindução pessimistas foram tratados em vários lugares desta tese, portanto, vou apenas relembrá-los muito brevemente.[262] Em poucas palavras, o argumento do milagre levanta a seguinte questão: como é possível explicar o sucesso preditivo – principalmente das "novas previsões" – das teorias científicas consideradas "maduras" sem que isso as torne verdadeiras ou aproximadamente verdadeiras, isto é, descrições (mesmo que parciais) do "mundo", sem recorrer a milagres? Ladyman afirmou que uma das principais motivações para o desenvolvimento de uma versão ontológica do realismo estrutural está nas bem-sucedidas novas previsões das teorias científicas, para ele, o último argumento do realista contra o instrumentalismo (LADYMAN, 1998). Esse argumento já havia sido reivindicado por John Worrall cerca de dez anos antes como um dos principais argumentos a favor do realismo científico tradicional, mas que só poderia ser adequadamente explicado pelo realismo estrutural (epistemológico, em sua versão) (WORRALL, 1989).

Os antirrealistas, claro, não deixaram por menos e formularam um contra-argumento que ficou conhecido como "metaindução pessimista". Em termos gerais, o argumento é o seguinte. É um "fato incontestável" da história da ciência, segundo seus defensores, que supostas entidades inobserváveis pregadas por certas teorias científicas foram abandonadas quando essas se mostraram falsas, o que nos levaria a concluir – indutivamente, claro – que os atuais inobserváveis também acabarão por mostrar-se inexistentes quando as teorias atuais que os sustentam se mostrarem falsas. O realismo científico dessas entidades inobserváveis, concluem, não pode ser verdadeiro.

A proposta mais simples dos realistas estruturais frente aos dois argumentos consiste em dizer que a teoria "capta a estrutura do mundo",

---

[261] Lembrem que rejeitei acima a "redução" das entidades físicas a entidades abstratas, mas nada disse da posição oposta.

[262] Toda a seção 4.5.4, por exemplo, é dedicada a eles.

portanto, não é nenhum milagre o fato dela ser verdadeira ou aproximadamente verdadeira (por exemplo, WORRALL, *op. cit.*); por outro lado, quando há descontinuidade ontológica na mudança de teorias científicas – o cerne da metaindução pessimista –, nem tudo é perdido, algo da antiga teoria é preservado na nova, e esse algo é a estrutura (por exemplo, LADYMAN, *op. cit.*).

Dizer que a teoria "capta a estrutura do mundo", a meu ver, não está correto, pois se assemelha à velha ideia de representação sustentada pelo realismo científico tradicional, e tentei mostrar acima que no contexto da física contemporânea parece ser mais adequado falarmos em *apresentação*. Além disso, sugeri que seria menos pretensioso para o realista estrutural ontológico falar em ontologia de uma teoria que em "mundo".[263] Na teoria, essa ontologia poderia ser representada por *O*-estruturas de ZFC*.

Uma proposta alternativa à apresentada acima pode ser a seguinte. Do ponto de vista do realismo estrutural ontológico, uma teoria científica – a física quântica, por exemplo –, apresenta através de modelos físicos teóricos – ou seja, estruturas que satisfazem o formalismo matemático da teoria – modelos físicos que são materiais/concretos. A relação entre os dois, como vimos, é a de homomorfismo. Na medida em que os modelos físicos teóricos são estruturas que satisfazem o formalismo matemático da teoria, o sucesso preditivo da teoria e a sua verdade ou quase-verdade não representam nenhum "milagre"; afinal, eles foram elaborados para satisfazer a teoria. Quanto à metaindução pessimista, ela parece ser menos trágica do que aparenta. Vimos na seção 4.5.4 que Silvio Chibeni, por exemplo, argumenta que há uma melhora significativa na metodologia científica com o passar dos anos, sendo que as teorias atuais estariam muito menos sujeitas a revisões do que suas predecessoras pertencentes a um período onde o rigor metodológico ainda não estava devidamente desenvolvido. Assim, a inferência indutiva não teria força o suficiente para alegar que as atuais teorias científicas irão também mostrar-se falsas no futuro (CHIBENI, 2006). Afinal, nunca é demais lembrar que o argumento é assumidamente *indutivo*, e as conclusões desses argumentos são apenas prováveis, e não necessárias. Outra crítica à metaindução pessimista dirá que uma análise mais atenta da história da ciência mostra que muitas das teorias abandonadas[264] não podem ser consideradas teorias maduras,

---

[263] Muitos filósofos já tinham destacado o caráter metafórico da expressão "estrutura do mundo".

[264] Laudan apresenta uma lista delas. Ver seção 4.5.4

sendo algumas, inclusive, apenas *esboços* de teorias. O realista pode então rejeitá-las como exemplos de teorias bem-sucedidas, o que certamente enfraquece o argumento (*ibid*.).[265]

Do ponto de vista do realismo estrutural ontológico, Ladyman e Ross defenderam que a melhor teoria física num tempo *t* fornece a melhor ontologia em *t* (LADYMAN; ROSS, 2009, § 1). O relativismo ontológico proposto acima está de acordo com essa ideia. Com isso, poderíamos dizer que ou a teoria abandonada não era a melhor teoria em *t*, não era uma teoria bem-sucedida e por isso foi abandonada, ou que ela era a melhor teoria em *t*, e por isso há um aproveitamento *parcial* de suas estruturas pela "nova" teoria. Neste ponto, as estruturas parciais vistas na seção 5.2 podem ser de grande utilidade para o realista estrutural ontológico. Essa ideia, porém, é apenas uma sugestão, como todas as outras presentes neste capítulo. Uma investigação mais detalhada do que foi dito acima foge ao objetivo desta tese.

[265] Precisaríamos, na verdade, de um critério de "maturidade" para teorias científicas. Não desenvolverei essa questão aqui, mas alguns possíveis candidatos poderiam ser: axiomatização, não-trivialidade (no sentido lógico), poder preditivo, adequação empírica, aceitação pela maioria da comunidade científica etc. Alguns desses critérios são epistemológicos, outros pragmáticos. Seria bastante útil ao realista estrutural ontológico uma discussão pormenorizada desses critérios.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na Introdução, mencionei que o principal objetivo desta tese era o de apresentar alguns elementos para uma tentativa de defesa do realismo estrutural ontológico. Tentei fazer isso no último capítulo. Enfatizo uma vez mais que se tratam de sugestões, abertas, portanto, a críticas, revisões e complementos. Escolhi sete dificuldades que acometem essa teoria: 1) o problema das relações sem *relata*; 2) o problema das subdeterminações; 3) a possibilidade de "abandono" – num sentido específico – de objetos individuais; 4) como "ligar" a teoria "ao mundo"; 5) a questão da "objetividade"; 6) o dilema de Benacerraf – aplicado ao realismo estrutural ontológico; e 7) os argumentos do milagre e da metaindução pessimista.

Para que essas sugestões fossem mais bem compreendidas, achei melhor abordar nos capítulos anteriores as três "dimensões" envolvidas nessa teoria, as "dimensões" ontológica ou metafisica, a realista e a estrutural. No capítulo 3, iniciei apresentando uma visão geral sobre os conceitos de "metafísica" e "ontologia"; vimos, por exemplo, que Aristóteles define essa disciplina como "a ciência do ser enquanto ser". Isso pode ser interpretado como querendo dizer que a metafísica trata do ser em seus aspectos mais gerais, não se prendendo às suas particularidades. Um dos conceitos-chave da metafísica tradicional, de origem aristotélica, é a noção de *substância*. Em seguida, foi vista a proposta de Ladyman e Ross de uma metafísica *naturalizada*, de caráter bastante distinto daquela tradicional. Esses autores defendem, por exemplo, que qualquer metafísica possível em um momento t dever "ler" a física relevante disponível em t. Ladyman e Ross também rejeitam qualquer noção de substância ou "algo oculto" à física em t, "alcançável" apenas pela metafísica. Aceitei essas propostas, pelo menos em seus aspectos gerais, e fiz uso delas em alguns argumentos no capítulo 6. Observei na ocasião, porém, que não pretendia defender um reducionismo físico, como fazem esses autores.

A "dimensão" do realismo foi tratada no quarto capítulo. Apresentei argumentos a favor e contra o realismo científico, tanto nas ciências naturais quanto na matemática. Embora o realismo estrutural ontológico seja uma teoria voltada principalmente para a física – de fato, os exemplos dados quase sempre se reportam a ela –, ele possui um estreito vínculo com a matemática, justamente devido à sua "dimensão" estrutural. Assim, além de ser uma teoria realista em relação às ciências naturais – destacadamente a física –, parece inevitável que ela adote também um realismo em matemática. Uma das discussões presentes no debate realismo/antirrealismo matemático é o chamado "dilema de Benacerraf", que também traria problemas ao realismo estrutural ontológico; uma tentativa de resolvê-lo, nesse contexto, foi apresentada no último capítulo.

O que os defensores do realismo estrutural ontológico entendem por "estrutura"? Vimos que eles não são muito explícitos quanto a isso, limitando-se no máximo a dizer que são estruturas "matemáticas". Mas isso não basta. Já sabemos que podemos definir estruturas matemáticas numa teoria de conjuntos, lógica de ordem superior e teoria de categorias, para citar apenas três possibilidades. Optamos pela teoria de conjuntos por essa estar aparentemente "mais próxima" da prática científica, embora a definição de estrutura em outras teorias – teoria de categorias, por exemplo – também possam interessar ao realismo estrutural ontológico. Essa "dimensão" estrutural foi tratada no quinto capítulo. Na ocasião, além de apresentar duas definições de estruturas – uma restrita a estruturas de ordem-1 e outra mais abrangente, que admite ordem superiores –, apresentei algumas definições possíveis de "modelo" e uma discussão geral sobre a abordagem semântica, que define uma teoria científica como uma classe de modelos. Neste, também discuto um tema analisado no terceiro capítulo, os argumentos do milagre e da metaindução pessimista.

Enfim, tentei estruturar a tese de tal maneira que os elementos vistos nos primeiros capítulos pudessem ajudar na compreensão da tentativa de defesa do realismo estrutural ontológico que procurei fazer acima. Se alguns elementos – ou mesmo apenas um – tratados no capítulo 6 puderem contribuir para as discussões no âmbito dessa teoria, acredito que esta tese tenha cumprido seu objetivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARISTOTLE. **Metaphysics:** text and commentary. Edição e tradução William David Ross. Oxford: Oxford University Press, 2005.

ARISTÓTELES. **Metafísica.** Tradução Giovanni Reale/Marcelo Perine. Vol. 2. São Paulo: Loyola, 2002.

________. **Metafísica.** Tradução Edson Bini. 1. ed. Bauru: Edipro, 2006.

————. **Da interpretação.** In. Organon. Tradução Edson Bini. 1. ed. Bauru: Edipro, 2005.

ARRUDA, José Maria. **Universais e particulares:** platonismo e nominalismo. In: IMAGUIRE, Guido; ALMEIDA, Custódio L. de; OLIVEIRA, Manfredo A. (Orgs.). **Metafísica contemporânea.** Rio de Janeiro: Vozes, 2007.

BECKER, Oskar. **O pensamento matemático.** Tradução Helmuth Alfredo Simon. São Paulo: Herder, 1965.

BENACERRAF, Paul; PUTNAM, Hilary. (Eds.) **The philosophy of mathematics:** selected readings. 2. th. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.

BORNHEIN, Gerd (Org.). **Os filósofos pré-socráticos.** São Paulo: Cultrix, 1998.

BOURBAKI, Nicolas. **The theory of sets.** New York: Addison-Wesley, 1968.

BOYD. Richard. **Scientific realism.** In. Stanford encyclopedia of philosophy. 2002.

_________. On the current status of the issue of scientific realism. **Erkenntnis**, v. 19, p. 45-90, 1983.

BRADING, Katherine; LANDRY, Elaine. Scientific structuralism: presentation and representation. **Philosophy of science**, v. 73 (5), p. 571-581, 2006.

BRANQUINHO, João. O problema das predicações singulares de inexistência. In: IMAGUIRE, Guido; ALMEIDA, Custódio L. de; OLIVEIRA, Manfredo A. (Orgs.). **Metafísica Contemporânea.** Rio de Janeiro: Vozes, 2007.

BUENO, Otávio. **O empirismo construtivo:** uma reformulação e defesa. Campinas: col. CLE, 1999.

————. Empiricism, conservativeness and quasi-truth. **Philosophy of science**, v. 66, p. S474-S485, 1999a.

————. Quasi-truth in quasi-set theory. **Synthese**, v. 125, p. 33-53, 2000.

BUENO, Otávio; FRENCH, Steven; LADYMAN, James. On representing the relationship between the mathematical and the empirical. **Philosophy of science**, v. 69, p. 497-518, 2002.

CARNAP, Rudolf. The methodological character of theoretical concepts. In: FEIGL, Herbert; SCRIVEN, Michael (Eds.) **The foundations of science and the concepts of psychology and psychoanalysis: Minnesota studies in the philosophy of science**. Vol. 1. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1956.

_________. A superação da metafísica pela análise lógica da linguagem. **Cognitio**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 175-318, jul./dez., p. 293-309, 2009.

CAO, Tian Yu. Structural realism and the interpretation of quantum field theory. **Synthese**, v. 136, p. 3-24, 2003.

————. Appendix: Ontological relativity and fundamentality: is QFT the fundamental theory? **Synthese**, v. 136, p. 25-30, 2003.

————. Can we dissolve physical entities into mathematical structures? **Synthese**, v. 136, p. 57-71, 2003b.

—————. What is ontological synthesis?: a reply to Simon Sanders. **Synthese**, v. 136, p. 107-126, 2003c.

CASTRO, Eduardo. Uma solução para o problema de Benacerraf. **Principia**, v. 13(1), p. 7–27, 2009.

CHAKRAVARTTY, Anjan. Semirealism. **Studies in History and Philosophy of Science**, v. 29A(3), p. 391-408, 1998.

—————. The structuralist conception of objects. **Philosophy of science**, v. 70(5), p. 867-878, 2003.

CHIBENI, Silvio. A inferência abdutiva e o realismo científico. **Cadernos de história e filosofia da ciência**, série 3, v. 6(1): p. 45-73, 1996.

_________. Russell e a noção de causa. **Principia**, v. 5(1-2), p. 125-47, 2001.

—————. Afirmando o consequente: uma defesa do realismo científico (?!). **Scientiae studia**, v. 4(4), p. 221-249, 2006.

COLLINGWOOD, Robin. **A ideia de natureza.** Tradução Frederico Montenegro. Lisboa: Editorial Presença, 1986.

COLYVAN, Mark. Indispensability arguments in the philosophy of mathematics. Disponível em: http://plato.stanford.edu/entries/mathphil-indis/. Acesso em: 10/03/2011.

CONEE, Earl; SIDER, Theodore. **Riddles of existence:** a guided tour of metaphysics. Toronto and New York: Oxford University Press, 2007.

COSTA, Claudio. **Filosofia da linguagem**. Rio de Janeiro: Zahar, 2008.

da COSTA, Newton C. A. **Introdução aos fundamentos da matemática.** São Paulo: Hucitec, 2008.

da COSTA, Newton C. A.; CHUAQUI, Rolando. On Suppes' set-theoretical predicates. **Erkenntnis**, v. 29, p. 95-112, 1988.

da COSTA, Newton; KRAUSE, Décio. Set-theoretical models for quantum systems. In: DALLA CHIARA, Maria et al. (Eds.) **Language, quantum, music.** Kluwer Ac. Pu., p. 171-181, 1999.

da COSTA, Newton; FRENCH, Steven. **Science and Partial Truth:** a unitary approach to models and scientific reasoning. Oxford: Oxford University Press, 2003.

da COSTA, Newton; RODRIGUES, A. M. Definability and Invariance. **Studia Logica**, v. 86, p. 1-30, 2007.

DUTRA, Luiz Henrique. **Introdução à teoria da ciência.** Florianópolis: Edufsc, 1993.

————–. Os modelos e a pragmática da investigação. **Scientiæ Studia**, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 205-32, 2005.

FREGE, Gottlob. Investigações Lógicas. Tradução Paulo Alcoforado. Porto Alegre: Edpucrs, 2002.

FRENCH, Steven. The reasonable effectiveness of mathematics: partial structures and the application of group theory to physics. **Synthese**, v. 125, p. 103-120, 2000.

————–. Symmetry, structure and the constitution of objects. **Pittsburgh archive for the philosophy of science**, 2001.

————–. Metaphysical underdetermination: why worry? **Synthese**, v. 180(2), p. 205-221, 2009a.

________. **Conceitos-chave em filosofia:** filosofia da ciência. Porto Alegre: Artmed, 2009b.

FRENCH, Steven; REDHEAD. Quantum physics and the identity of indiscernibles. **British journal for the philosophy of science**, v. 39(2), p. 233-246, 1988.

FRENCH, Steven; LADYMAN, James. Remodeling structural realism: quantum mechanics and the metaphysics of structure. **Synthese**, 136, p. 31-56, 2003a.

————. The dissolution of objects: between platonism and phenomenalism. **Synthese**, 136, p. 73-77, 2003b.

FRENCH, Steven; SAATSI, Juha. Realism about structure: the semantic view and non-linguistic representations. **Philosophy of science**, v. 73 (5), p. 548-559, 2006.

GARRETT, Brian. **Conceitos-chave em filosofia: metafísica.** Porto Alegre: Artmed, 2008.

GELOWATE, Geraldo; KRAUSE, Décio; COELHO, Antonio, M. N. Notas a respeito da neutralidade ontológica da matemática. In: **Lógica, teoria, aplicações e reflexões**, SAUTTER, Frank T.; FEITOSA, Hércules de A. (Orgs.). Campinas: CLE, 2004.

GETTIER, Edmund. Is justified true belief knowledge? **Analysis**, v. 23, p. 121-23, 1963.

GÖDEL, Kurt. Russell's mathematical logic. Englewood Cliffs, pp. 215-216, 1964. In: BENACERRAF, Paul; PUTNAM, Hilary. (Eds.) **The philosophy of mathematics: selected readings.** 2. th. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.

________. Algunos teoremas básicos sobre los fundamentos de la matemática y sus implicaciones filosóficas. Edición digital, versión 1.1: Tecum. Mayo 2005.

GOLDSTEIN, Rebecca. **Incompletude:** a prova e o paradoxo de Kurt Gödel. Tradução Ivo Korytowski. São Paulo: Cia das letras, 2008.

HACKING, Ian. **Representing and intervening**. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.

HEISENBERG, Werner. **A parte e o todo.** Rio de Janeiro: Contraponto, 1998.

HERÁCLITO. In: Col. Os pensadores: os pré-socráticos. Vol. 1. 1. ed. São Paulo: Abril cultural, 1973.

HODGES, Wilfrid. Model Theory. 2009.
Disponível em: http://plato.stanford.edu/entries/model-theory/ Acesso em: 29/03/2011.

HORSTEN, Leon. Philosophy of mathematics. 2007. Disponível em: http://plato.stanford.edu/entries/model-theory/ Acesso em: 29/03/2011.

IMAGUIRE, Guido. A substância e suas alternativas: feixes e tropos. In: IMAGUIRE, Guido; ALMEIDA, Custódio L. de; OLIVEIRA, Manfredo A. (Orgs.). **Metafísica Contemporânea.** Rio de Janeiro: Vozes, 2007.

JAMMER, Max. Concepts of mass in classical and modern physics. New York: Courier Dover Publications, 1997.

________. Concepts of mass in contemporary physics and philosophy. Princeton: Princeton University Press, 2000.

KOPERSKI, Jeffrey. Models. 2006.
Disponível em: http://www.iep.utm.edu/models/ Acesso em: 22/03/2011.

KRAUSE, Décio. O conceito bourbakista de estrutura. **Boletim da Sociedade Paranaense de Matemática**, v. 8, p. 77-102, 1987.

________. On a quasi-set theory. **Notre Dame J. of Formal Logic**, v. 33(3), p. 402-411, 1992.

————–. Alguns Aspectos Lógicos e Epistemológicos Relacionados aos Fundamentos da Mecânica Quântica. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, 3, v. 9, p. 147-200, 1999.

————–. **Introdução aos Fundamentos Axiomáticos da Ciência.** São Paulo: EPU, 2002.

————–. Structures and structural realism**. Journal of the Interested Group in Pure and Applied Logic**, v. 13(1), p. 113-126, 2005.

————–. Languages, structures, and models of scientific theories. No prelo. 2010.

KRAUSE, Décio; SANT'ANNA, Adonai; VOLKOV, Analice. Quasi-set theory for bosons and fermions: quantum distributions. **Foundations of Physics Letters**, v. 12(1), p. 51-66, 1999.

KRAUSE, Décio; COELHO, Antonio. M. N. Identity theory, indiscernibility and philosophical claims. **Axiomathes**, 15(2), p. 191-210, 2005.

KRAUSE, Décio; ARENHART, Jonas; MORAES, Fernando. Axiomatization and models of scientific theories. **Foundations of Science**, 2010. No prelo (disponível *online*): DOI 10.1007/s10699-011-9226-y2011.

KUHN, Thomas. **A estrutura das revoluções científicas.** São Paulo: Perspectiva, 1992.

LADYMAN, James. What is structural realism? **Studies in History and Philosophy of Science**, S 98, 29A(3), p. 409-424, 1998.

————. Structural realism. Disponível em: http://plato.stanford.edu/entries/structural-realism/ Acesso em: 09/10/2011. Ano original de publicação: 2007.

LADYMAN, James; ROSS, Don. **Every thing must go:** the metaphysics naturalized. Oxford: Oxford University Press, 2009.

LAUDAN, Larry. A confutation of convergent realism. **Philosophy of Science**, v. 48 (1), p. 19-49, 1981.

LOUX, Michael. **Metaphysics:** a contemporary introduction. 3. th. ed. New York: Routledge, **2006.**

LOUX, Michael; ZIMMERMAN, Dean. **The Oxford handbook of metaphysics.** Oxford: Oxford University Press, 2003.

LOWE, Jonathan. **A survey of metaphysics.** Oxford: Oxford University Press, 2002.

MACINTYRE, Alasdair; CAMPBELL, Keith. In: BORCHERT, Donald M. **Encyclopedia of Philosophy**. New York: Macmillan Library Reference, 2006.

MADDY, Penelope. **Realism in mathematics**. Oxford: Clarendon Press; New York: Oxford University Press, 1990.

MARCUS, Russell. The indispensability argument in the philosophy of mathematics. 2010. Disponível em http://www.iep.utm.edu/indimath/#H4. Acesso em 26/08/2011.

MAXWELL, Grover. The ontological status of theoretical entities. In: FEIGL, Herbert; MAXWELL, Grover (Eds.). **Scientific explanation, space, and time**. Vol. 3, Minnesota Studies in the Philosophy of Science. Minneapolis: University of Minnesota Press, p. 3-15, 1962.

————. Scientific methodology and the causal theory of perception. In: LAKATOS, Imre; MUSGRAVE, Alan (Eds.) **Problems in the Philosophy of Science.** Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1968.

————. Structural realism and the meaning of theoretical terms. In: WINOKUR, S.; RADNER, M. (Eds.) **Analyses of Theories, and Methods of Physics and Psychology.** Minneapolis: University of Minnesota Press, p. 181- 192, 1970a.

————. Theories, perception and structural realism. In: COLODNY, R. (Ed.) **Nature and function of scientific theories.** Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, p. 3-34, 1970b.

MIKENBERG, Irene; da COSTA, Newton. C. A.; CHUAQUI, Rolando. Pragmatic truth an approximation to truth. **Journal of Symbolic Logic**, v. 51, p. 201-221, 1986.

MILLER, Alexander. Realism. Disponível em: http://plato.stanford.edu/entries/realism/ Acesso em: 28/03/2010.

NAIDON, Karen. Discussões sobre o suposto platonismo fregeano. **Cognitio-estudos**, v. 5(2), p. 172-177, 2008.

NEWMAN, Maxwell H. A. Mr. Russell's "Causal Theory of Perception". **Mind**, v. 37, p. 137-148, 1928.

OKASHA, Samir. **Philosophy of science:** a very short introduction. Oxford: Oxford University Press, 2002.

PESSOA Jr., Osvaldo. **Conceitos de física quântica.** 2 vol. 3. ed. São Paulo: Editora da Livraria da Física, 2006.

PLATÃO. **Timeu e Crítias ou A Atlântida.** Tradução N. Paula Lima. São Paulo: Hemus, 1981.

________. **Fédon.** Brasília: Ed. da UnB, 2000.

________. **A República.** Lisboa: Fundação Calouste Golbekian, 2001.

________. **Mênon**. Tradução Maura Iglésias. Rio de Janeiro: Ed. PUCRJ; Loyola, 2001.

POINCARÉ, Henri. **A ciência e a hipótese.** Brasília: Ed. da UnB, 1988.

————. **O valor da ciência.** Rio de Janeiro: Contraponto, 1998.

POST, Heinz. Individuality and physics. **The Listener**, v. 70, 534, 1963.

PRATT, Vaughan. Origins of the calculus of binary relations. In: **Proc. 7th Annual IEEE Symposium on Logic in Cumputer Sciencie**, p. 248-254, 1992.

PSILLOS, Stathis. Is structural realism the best of both worlds?. **Dialectica**, v. 49, p. 15-46, 1995.

————. **Scientific realism:** how science tracks truth. London: Routledge, 1999.

————. Is structural realism possible? **Philosophy of Science**, suppl. v. 68, p. S13-S24, 2001.

————. The structure, the whole structure and nothing but the structure? In: **Proceedings Philosophy of Science Assoc. 19th Biennial Meeting - PSA2004: PSA 2004 Symposia**, 2004.

PUTNAM, Hilary. **Mathematics, matter and method.** Vol. 1. Cambridge: Cambridge University Press, 1975.

QUINE, Willard O. Relatividade ontológica. In: **Relatividade ontológica e outros ensaios.** Col. Os pensadores. São Paulo: Abril cultural, 1975a.

________. Sobre o que há. In: **De um ponto de vista lógico.** Col. Os pensadores. São Paulo: Abril cultural, 1975b.

RESNIK. Michael. **Mathematics as a science of patterns**. Oxford: Oxford University Press, 1997.

RUSSELL, Bertrand. Da denotação. In: **Lógica e conhecimento.** Col. Os pensadores. São Paulo: Abril cultural, 1978.

________. **The problems of philosophy**. Oxford: Oxford University Press, 1997.

————. **Análise da matéria.** Rio de Janeiro: Zahar, 1978.

________. **Os problemas da filosofia.** Lisboa: edições 70, 2008.

SCHRÖDINGER, Erwin. **Science and humanism**. Cambridge: Cambridge University Press, 1952.

————. A nossa imagem da matéria. In: BORN, Max et al. **Problemas da Física Moderna**. São Paulo: Perspectiva, 2000.

SILVA, Jairo J. **Filosofias da matemática.** São Paulo: Ed. Unesp, 2007.

SMOLIN, Lee. **Três caminhos para a gravidade quântica.** Rio de Janeiro: Rocco, 2002.

STEGMÜLLER, Wolfgang. **La concepcíon estructuralista de las teorías.** Alianza Editorial, 1981.

STEINLE, William. Estudos sobre o realismo estrutural. Florianópolis: UFSC, 2006. 150 p. Dissertação (mestrado).

________. O realismo estrutural e o problema das relações sem os *relata*. **Analytica**, Rio de Janeiro, v. 14, nº 1, p. 29-51, 2010.

STACHEL, John. The relations between things versus the things between relations: the deeper meaning of the hole argument. In: MALAMENT, D. (Ed.). **Reading natural philosophy:** essays in history and philosophy of science and mathematics. Chicago and LaSalle, IL: Open Court, 2002.

————. Structural realism and the contextual individuality. In: BEN-MENAHEM, Y. (Ed.). **Hilary Putnam**. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

————. Critical realism: Wartofsky and Bhaskar. In GOULD, C. C. (Ed.) **Constructivism and practice:** toward a historical epistemology. New York: Rowman and Littlefield Publishers, 2003.

________. Structure, individuality and quantum gravity. Disponível em: arXiv:gr-qc/0507078 v2. Acesso em: 19 Jul. 2005.

SUPPE, Frederick. **The structure of scientific theories**. Urbana: University of Illinois Press, 1977.

————. **The semantic conception of theories and scientific realism.** Urbana: University of Illinois Press, 1989.

SUPPES, Patrick. A comparison of the meaning and uses of models in mathematics and the empirical sciences. **Synthese**, v. 12, p. 287-301, 1960.

————. Models of data. In: NAGEL, Ernest; SUPPES, Patrick; TARSKI, Alfred. **Logic, methodology and philosophy of science.** Stanford: Stanford University Press, 1962.

————. O que é uma teoria científica? In: MORGENBESSER, Sidnei. (Org.) **Filosofia da ciência.** São Paulo: Cultrix/Edusp, 1975.

———–. **Models and methods in the philosophy of science: selected essays.** Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993.

TARSKI, Alfred. On the calculus of relations. **The Journal of Symbolic Logic**, v. 6, 3, p. 73-89, 1941.

________. **A concepção semântica da verdade: textos clássicos de Tarski.** São Paulo: Editora da Unesp, 2007.

TARSKI, Alfred; GIVANT, Steven. **A formalization of set theory without variables**. American Mathematical Society, 1987.

THOMPSON, Paul. **The structure of biological theories.** New York: State University of New York Press, 1989.

TORALDO DI FRANCIA, Giuliano. What is a physical object? **Scientia**, v. 113, p. 57 65, 1978.

VAN FRAASSEN, Bas. **The scientific image.** Oxford: Clarendon Press, 1980.

———–. Empiricism in the philosophy of science. In: CHURCHLAND; HOOKER (Org.). **Images of Science: essays on realism and empiricism, with a reply from Bas C. Van Fraassen.** Chicago: The University of Chicago Press, 1985.

________. **Laws and symmetry**. Oxford: Clarendon Press, 1989.

________. **Quantum mechanics: an empiricist view.** New York: Oxford University Press, 1991.

VOTSIS, Ioannis. Is structure not enough? **Philosophy of Science**, v. 70(5), p. 879-890, 2003.

———–. The epistemological status of scientific theories: an investigation of the structural realist account. PhD Thesis, 2004.

WORRALL, John. Structural realism: the best of both worlds? **Dialectica**, v. 43, p. 99-124, 1989.