

Inferências e subdeterminação na Filosofia da Ciência¹

Inferences and underdeterminations in the Philosophy of Science

 10.21680/1983-2109.2022v29n60ID27312

Félix Flores Pinheiro


Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

 0000-0001-7318-5294

feliks.sm@gmail.com

Raoni Wohnrath Arroyo

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

 0000-0002-3800-8505

rwarroyo@unicamp.br

Resumo: Este artigo discute a relação entre a questão das inferências nos contextos de justificação em ciência, nomeadamente o que ficou conhecido por “problema da indução” após Hume, em vista de esclarecer diferentes versões dos problemas de subdeterminação na filosofia da ciência. Na primeira seção, esclarecemos brevemente algumas noções de “inferência” e as questões das inferências ampliativas. Mostramos como esse problema esteve inserido no debate sobre a justificação das teorias científicas através de soluções alternativas e as suas conexões com os problemas de subdeterminação. Nas seções 2 e 3, apresentamos casos concretos de subdeterminação —em filosofia da ciência geral e no debate acerca do perfil metafísico da individualidade dos objetos da mecânica quântica não-relativista como exemplo e caso de estudo, respectivamente. A seção 4 conclui conectando todas as seções.

Palavras-chave: Inferências, Indução, Abdução, Subdeterminação.

Abstract: This article discusses the relationship between the question of inferences in the contexts of justification in science, namely what became known as the “induction problem” after Hume, in order to clarify different versions of the problems of underdetermination in the philosophy of science. In the first section, we briefly clarify some notions of “inference” and the issues of amplifying inferences. We show how this problem was inserted in the debate on the justification of scientific theories through alternative solutions and its connections with the problems of underdetermination. In sections 2 and 3, we present concrete cases of underdetermination —in general philosophy of science and in the debate about the metaphysical profile of the individuality of non-relativistic quantum mechanics objects as an example and a case study, respectively. Section 4 concludes by connecting all the sections.

¹ Esta publicação contou com o fomento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (processo No 2021/11381-1).

Keywords: Inference, Induction, Abduction, Underdetermination.

INTRODUÇÃO

Seja “ D ” um conjunto de dados (ou “evidências”) para certo domínio de conhecimento Δ ; seja “ T ” um conjunto finito de teorias referentes a D . Quando temos $\langle D, T \rangle$, com o conjunto $T = \{T_1, T_2, \dots, T_n\}$, dizemos que os dados são compatíveis com mais de uma teoria, ou que a teoria é *subdeterminada* pelos dados. Dito de outro modo: a subdeterminação está presente em todos os casos em que sempre que há mais do que uma teoria que explica o mesmo conjunto de dados, de modo que os dados —ou, novamente, as evidências relativas ao domínio Δ — não podem ser invocados como critérios objetivos para que alguém possa eleger uma dentre as múltiplas opções teóricas.

Na literatura especializada em filosofia da ciência, a subdeterminação é apresentada sob a forma de um problema para o realismo científico, viz., a posição segundo as teorias científicas possuem uma relação correspondentista da verdade em relação ao mundo. Assim, é fácil perceber como a subdeterminação é um problema para essa postura filosófica, já que apenas *uma* teoria científica —relativa a certo domínio Δ — pode ter tal relação de *correspondência* com a realidade. Para o antirrealismo, a subdeterminação não é por si um problema, mas somente um fato constatado da prática científica.

Não trataremos, neste texto, acerca do debate entre realismo e antirrealismo na filosofia da ciência. Antes, iremos investigar a subdeterminação por outro ângulo, um no qual as inclinações realistas que alguém possa ou não ter não possuem destaque. Nossa motivação para tanto é a seguinte. Díez e Moulines (1999, p. 394) argumentam que a subdeterminação em filosofia da ciência está diretamente relacionada com o uso de inferências ampliativas na justificação de teorias e hipóteses científicas, cujo berço é o questionamento posto por Hume viz. o famoso “problema da indução”. O presente artigo possui por objetivo primário elucidar essa relação, analisando como diferentes questões de subdeterminação emergem junto do mesmo, com o objetivo de trazer mais clareza para o estado atual da arte nas discussões que empregam tal conceito.²

² Como objetivo complementar, a abordagem aqui fomentada possui também um cunho introdutório e pedagógico. Embora haja uma vasta literatura em torno dos temas, há poucas investigações que relacionam tais problemas (em especial na língua portuguesa), o que nos motivou a introduzir o assunto de forma concisa visando ao fornecimento de um material útil —também— do ponto de vista propedêutico.

1. DAS NOÇÕES DE INFERÊNCIA PARA A SUBDETERMINAÇÃO

Como geralmente ocorre com os conceitos trabalhados ao longo da história da filosofia, não há uma única caracterização sobre o que são as “inferências”. Boa parte dos motivos para isso deriva do fato de que esse tipo de noção é de suma importância para muitas abordagens diferentes. Dessa forma, a resposta para o que é uma “inferência” varia de acordo com o que está sendo visado e investigado. É possível salientar ao menos três caracterizações sobre as inferências, as quais envolvem uma mesma noção muito geral: a extração de informação. Há uma primeira noção que pode ser entendida como uma concepção *standard* para o conceito, sendo historicamente utilizada na filosofia da linguagem e na lógica. Ela pode ser encontrada na Enciclopédia de Termos Lógico-Filosóficos: uma inferência é quando de uma ou mais frases obtemos uma outra. Por outro lado, há também um sentido pragmático em que as inferências podem ser esclarecidas: um ato caracterizado pela pretensão de que uma afirmação seja justificada (se siga, esteja apoiada, etc.) em outras afirmações (cf. Díez e Moulines, 1999, pp. 34–35). Por fim, reconhecendo que a linguagem é apenas uma das formas pelas quais seres humanos se comunicam e manipulam informações, temos também uma noção de inferência no sentido de processo de extração de informações através de múltiplos veículos de comunicação. Essa noção é apresentada por Barwise e Etchemendy (1996) na discussão sobre o que eles chamam de “inferências heterogêneas”: raciocínios que misturam meios linguísticos e não linguísticos, como imagens, diagramas e mapas, por exemplo.

Vale notar que essas concepções não são excludentes, podendo ser complementares. Ademais, em contextos científicos, todas essas noções são relevantes ao serem tanto parte das práticas científicas quanto ferramentas que permitem realizar diferentes recortes investigativos sobre o objeto de estudo. Isto é, informações são obtidas e manipuladas através de meios linguísticos e não linguísticos. Da extração de informações da configuração final de um experimento às “leituras” de diagramas gerados por computador, passando pela modelagem estatística até a análise dos comportamentos de animais humanos e não humanos. Os tratamentos desses envolvem processos lógicos e interpretativos dentro de esquemas conceituais pré estabelecidos.

Mencionando um primeiro exemplo, a psicologia comportamental administra uma série de experimentos que ilustram esses processos. Tomemos o caso dos experimentos sobre a assim chamada “teoria da mente” (doravante TdM).

Tais estudos visam inferir considerações sobre o aparato mental dos indivíduos a partir de experimentos que observam o comportamento dos mesmos. A TdM tem por base a ideia intuitiva de que seres humanos se comportam supondo estados mentais em outros seres humanos —questionando quando, por que e como isso ocorre. Isto é, em algum momento, provavelmente na infância, emerge nos indivíduos uma “tese da mente”: a crença de que as outras pessoas possuem um estado mental que não nos é acessível, um “eu” subjetivo tal qual nós possuímos. Como resultado, essas análises formulam coleções de hipóteses que são utilizadas para compreender uma variedade de aspectos psicológicos e cognitivos. Por exemplo, formular abordagens capazes de compreender a complexidade em torno dos espectros do autismo. Como mostra Baron-Cohen (1997), segundo a TdM, a compreensão interpessoal é uma realização mental que exige a utilização da crença em relação às mentes das outras pessoas, a “tese da mente”. O comportamento observável é explicado, assim, junto da hipótese tácita de que os indivíduos formularam essa crença em algum momento e que a mesma desempenha papéis centrais nos mecanismos cognitivos vinculados ao desempenho no convívio social, como a empatia.

Sinalizando um segundo exemplo, a epistemologia das medições científicas tem trabalhado com a distinção metrológica entre indicações e resultados. Tomando a metrologia (a ciência das medições e da padronização) como assunto, uma medição é entendida como um processo experimental de obtenção de valores que podem ser razoavelmente atribuídos à uma grandeza. Esse processo envolve elementos operacionais e teóricos, distinguindo entre o que são as propriedades das medições (dos seus resultados) e as propriedades dos dispositivos das medições.

Grosso modo, uma medição é um processo em que um tipo de sistema inicial é montado, composto ao menos por um dispositivo e um alvo (um mensurando) — de modo a interagir. O estágio final dessa interação origina indicações: aquilo que aparece no *set-up* operacional após a interação. Um resultado de medição é a obtenção de uma coleção de valores relevantes que podem ser razoavelmente atribuídos ao alvo da medição junto de toda informação pertinente e disponível sobre o próprio procedimento (sobretudo a fim de informar acerca das qualidades dessa medição, como a incerteza). As indicações, assim, não são os resultados. Indicações podem estar “na forma visual ou acústica [...] [a] posição dum ponteiro sobre um mostrador para saída analógicas [...], um número apresentado num mostrador ou impresso para saídas digitais [...]” (INMETRO, 2012, p. 37). Nesse sentido, boa parte da epistemologia sobre as medições científicas atual versa

justamente sobre como se dá a passagem das indicações para os resultados, os tipos de inferências (sobretudo através de modelos locais, teóricos, idealizados e estatísticos) utilizadas na mesma e os seus significados, atentando especialmente para a modelagem e a calibração dos procedimentos de medição (e.g. Tal, 2011, 2016).

Realizadas essas considerações, é preciso notar que ambos os casos buscam maneiras seguras de realizar inferências em seus respectivos contextos, o que envolve esclarecer os tipos de inferências que estão atuando neles e em vista do que elas são seguras. Nesse sentido, pode-se voltar à distinção clássica entre raciocínios dedutivos e raciocínios indutivos. Porém, assim como ocorre com a noção de inferência, há diferentes maneiras de caracterizá-los. Por um lado, um entendimento *tradicional* diz que uma dedução é um argumento, cuja forma é tal que a conclusão está contida (ou está implícita) nas premissas. Essa caracterização é tratável dentro das lógicas dedutivas, as quais oferecem critérios para a validade de um argumento. A caracterização *standard* atual diz que: a forma do argumento preserva a verdade da conclusão, ou seja, as premissas e a conclusão estão organizadas de tal modo com que seja impossível as primeiras serem verdadeiras e a última falsa. Como diz Mortari, (2019, pp. 23–25) a dedução assim entendida acarreta que a mesma é sempre válida, havendo uma sinônima entre ser válido e ser dedutivo. Para que isso não ocorra, diz o autor, uma dedução pode ser pensada em um sentido pragmático, caracterizada pela pretensão de que as premissas de um argumento garantam a verdade da conclusão do argumento. Nesse sentido, podem haver deduções “inválidas” ao passo que o produto do raciocínio que visa uma dedução consiste em um argumento que não preserva a verdade.

Contudo, a validade dedutiva não satisfaz tudo o que aparentemente está em jogo nessas situações científicas. Como expõem Díez e Moulines (1999), esses raciocínios científicos são ampliativos e o resultado de um raciocínio dedutivo, por definição, não é uma “nova” informação. Os exemplos clássicos de processos ampliativos de extração de informações são as generalizações e as previsões (tanto do passado, quanto do futuro), mas elas não se esgotam nessas duas. Uma caracterização *tradicional* desses raciocínios diz que a informação da conclusão não está contida na informação das premissas. A versão *standard* diz que a verdade da conclusão não é completamente assegurada pela forma do argumento junto da verdade das premissas. Uma caracterização pragmática desses será, também por oposição aos dedutivos, quando não há uma pretensão de que a verdade de uma conclusão seja totalmente garantida pelas premissas, mas que seja apoiada nas mesmas em algum outro sentido. Díez e Moulines (1999)

esclarecem ainda que esses sentidos não envolvem um apoio bipolar, mas uma espécie de segurança que é gradual.

Por trabalhar com uma noção gradual, a avaliação de raciocínios ampliativos é um tema desafiador. A validade das inferências ampliativas envolve uma dúvida sobre o grau mínimo de apoio para que um raciocínio indutivo seja qualificado e, sobretudo, como podemos medir esse grau mínimo, se é que podemos, mesmo caso-a-caso. Nesse sentido, se o conhecimento científico envolve conexões inferenciais entre informações empíricas com as hipóteses e as teorias, a justificação desse conhecimento pode requerer as considerações sobre os graus em que essas inferências são seguras. Os problemas que se apresentam para as inferências ampliativas respingam nas tentativas de atribuição de valor de verdade para as hipóteses científicas, os quais podem ser colocados da seguinte maneira: quando uma teoria, hipótese ou explicação está suficientemente apoiada pelas informações empíricas que as próprias teorias visam?

Desde um ponto de vista histórico, esse questionamento remonta ao célebre problema da indução. Como se sabe, a questão é derivada dos escritos de David Hume sobre não ser possível justificar inferências ampliativas sem acarretar em um círculo vicioso ou um regresso ao infinito. Uma primeira tentativa para encontrar essa justificação consiste em apelar a um princípio de “uniformidade da natureza”; porém, esse mesmo princípio só poderia ser justificado supondo que a natureza se comportará como sempre se comportou, e portanto, pressupõe o uso de uma inferência ampliativa. Uma segunda tentativa que aparece na história do problema consiste em apelar para o sucesso do método indutivo e o sucesso da ciência, o que acarreta em circularidade: a utilização de uma inferência ampliativa sobre o sucesso desses próprios métodos.

Isso posto, Díez e Moulines (1999) destacam ser uma consequência desse problema a necessidade de se abandonar ao menos uma dessas três crenças sobre as características da ciência: 1) A ciência proporciona conhecimento, cuja alternativa é negar a produção de conhecimento (sobretudo em um sentido forte do termo); 2) A ciência utiliza inferências ampliativas em seus processos de justificação, e uma alternativa é retirar certas pretensões de segurança na justificação das hipóteses; 3) A justificação preserva a verdade do que é visado e uma alternativa a isso é adotar uma versão não tão forte dessa relação. No decorrer da história da filosofia da ciência cada uma dessas alternativas foi explorada (cf. Díez e Moulines, 1999). Neste artigo, estamos interessados exclusivamente na última alternativa, *viz.*, a de adotar uma versão não tão forte da justificação das

hipóteses através do que chamamos anteriormente de versão pragmática das inferências.

Dentre as alternativas que avançam nessa estratégia, a chamada “inferência para a melhor explicação” tem recebido maior destaque. Como ilustra Douven (2021): se você sabe que dois de seus amigos seus brigaram e decidiram não serem mais amigos, mas alguém lhe diz que viu esses dois bebendo juntos e rindo em um bar; então você busca explicações possíveis, inferindo que “a melhor” delas é que ambos reataram a amizade. A situação fornece um guia heurístico para compreender a esquematização dessa inferência: dadas as hipóteses disponíveis ($h_1, h_2, h_3, \dots, h_n$) para explicar um fato descrito por x , a partir da verdade de x , se h_1 explica melhor x do que as outras hipóteses, então h_1 é provavelmente verdadeira (cf. Thagard, 1978).

Esse tipo de inferência envolve a busca por algo que possa ser dito como “o melhor” dentre as hipóteses, teorias, modelos, etc. disponíveis frente a um alvo. Além de estar presente nas duas situações exemplificadas anteriormente, há uma sinalização paradigmática do seu uso na seguinte passagem de Darwin em “A Origem das Espécies”:

difícilmente pode ser suposto que uma teoria falsa explicaria, de modo tão satisfatório como explica a teoria da seleção natural, as várias classes de fatos acima especificadas. Recentemente tem sido objetado que este é um método inseguro de argumentar; porém este é um método usado para julgar os eventos comuns da vida e, frequentemente, tem sido usado pelos maiores filósofos naturais. (Darwin, 1962, *apud* Thagard, 1978, p.77).

Colocado no esquema apresentado anteriormente, o argumento dessa passagem pode ser explicitado da seguinte maneira: a teoria da seleção natural explica a variedade dos fatos constatados, nenhuma outra teoria pode explicar tão bem isso como ela, portanto, a teoria é de algum modo qualificada como “melhor” do que as outras disponíveis (o que pode ser feito visando a colocar como provavelmente verdadeira, como propõe por Thagard, 1978).

Contudo, a estratégia da melhor explicação não está imune aos problemas que as inferências ampliativas em geral possuem. Mesmo tornando flexível o grau de apoio entre as premissas e uma conclusão, pode haver uma certa vagueza nos critérios adotados. Por exemplo, o que queremos dizer com “explicar melhor” nesse ou naquele contexto? A literatura da área oferece uma rica gama de critérios que visam responder essas perguntas, sobretudo junto de virtudes epistemológicas, como a simplicidade, o poder explicativo e a coerência. Todavia, tanto a vagueza quanto a própria possibilidade de identificação do que conta como

“melhor” nesses contextos esclarecem um grupo de problemas na filosofia da ciência, as questões em torno do que é chamado de “subdeterminação”.

2. SUBDETERMINAÇÕES

Supondo que encontremos um critério suficiente, ou um conjunto de diretrizes sobre o que significa a qualificação “do melhor” em cada situação explicativa, haverá ainda uma última questão: não pode (acrescente-se “sempre” para uma tese mais forte) haver em vez do melhor x , uma coleção $\{x, y, z, \dots\}$ igualmente “melhores”? “Subdeterminação” é o conceito que nomeia o cerne dessa pergunta: uma coleção de elementos cuja avaliação da segurança em termos epistemológicos é qualificada em algum sentido *equivalente* para um mesmo fim. Isto é, quando um fato descrito por x não determina que uma hipótese seja “a melhor” com base em uma coleção de critérios, mas uma coleção de hipóteses que são *prima facie* inconsistentes entre si.

Há diferentes versões para a colocação desse problema e das teses subjacentes aos mesmos (cf. Schüller e Severo, 2020). Ademais, a existência de casos “reais” de subdeterminação em ciência é um tema controverso. Por exemplo, van Fraassen (1980), argumenta que as teorias só podem ser *epistemologicamente* qualificadas em função da sua adequação empírica. Um problema aqui versa sobre em que sentido duas teorias podem ser igualmente empiricamente adequadas. Como afirma Bueno, “mesmo empregando o critério da adequação empírica (em vez da verdade) como um item na escolha de teorias, as conclusões extraídas por seu intermédio excederiam a evidência” (1999, p. 67).

A necessidade de extrapolar o que conta como “evidência empírica” na avaliação de teorias e hipóteses, bem como na consideração dos próprios critérios utilizados para essa escolha, é um sintoma de subdeterminação. A filósofa empirista Longino, por exemplo, explica essa necessidade atentando para uma lacuna semântica entre as hipóteses e as evidências:

[...] a adequação empírica, no entanto, (mesmo quando suplementada por um requisito de que devem efetivamente existir consequências empíricas ou observacionais para comparar com os dados) não é um critério suficiente para a escolha de teoria. A razão para isso é a situação referida pelos filósofos como a subdeterminação da teoria pelos dados. A subdeterminação que tenho em vista é produzida por uma lacuna semântica (semantic gap) entre a maioria das hipóteses e os dados observacionais aduzidos como evidência para elas. Por exemplo, os dados relevantes para as hipóteses sobre as interações, as colisões e as desintegrações de partículas elementares são descritos em linguagem diferente da linguagem utilizada para representar as interações putativas – nós não observamos diretamente pions, muons e neutrinos – nós observamos o que tomamos como sendo seus traços ou

efeitos nos detectores (sejam rastros de bolhas em gás comprimido, sequências numéricas em fitas de dados, ou irrupções temporárias de corrente elétrica em líquidos densos blindados). Podem não existir relações formais de derivação ou enunciados especificáveis a priori de relevância evidencial entre os enunciados da hipótese e as descrições dos dados. A lacuna é preenchida por muita teoria – teoria sobre partículas; teoria sobre detectores; e possivelmente mais – na qual os físicos se apoiam para asseverar a relevância evidencial do que eles podem observar para as hipóteses particulares sobre as interações de partículas. Os dados tomados isoladamente podem ser compatíveis com várias hipóteses bastante diferentes; os dados não carregam a sua relevância evidencial, por assim dizer, em suas “mangas”. Se eles são evidência para uma hipótese ou um modelo particular, essa é uma questão empírica, a ser julgada contra o pano de fundo das suposições sobre os instrumentos, sobre o modo como o mundo é, e sobre os modos segundo os quais ele deve ser conhecido. (Longino, 2017, p. 41).

De modo semelhante, Stanford (2021) afirma que a subdeterminação é caracterizada como um caso em que as evidências disponíveis em um determinado momento não são suficientes para assegurar quais crenças podemos ter como resposta a elas. Aplicada ao contexto científico, ela ocorre se existem ao menos duas hipóteses que tenham contraparte empírica equivalentes, mas que sejam incompatíveis em suas explicações adicionais. Por se tratar do suporte que evidências deveriam fornecer para as teorias que as explicam, esse fenômeno fora chamado de “subdeterminação da teoria pela evidência”, ou, como Muller (2011) nomeia, de “primeira tese da subdeterminação”. Contudo, além da possibilidade conectar evidências adequadas com múltiplas hipóteses, as próprias teorizações podem ser conectadas com diferentes interpretações sobre os seus significados, sobre o “pano de fundo das suposições [...] sobre como o modo como o mundo é” usando as palavras de Longino. Aqui está uma segunda tese da subdeterminação, como colocado por Muller (2011). Um dos exemplos mais notáveis dos casos de segunda subdeterminação na ciência contemporânea são as discussões sobre a interpretação da mecânica quântica não-relativista (doravante, MQ), como veremos adiante. Isso posto, para além de diferentes versões detalhadas entre teses de subdeterminação, há dois grandes agrupamentos: a subdeterminação da teoria pelos dados (ou da teoria pela evidência, que chamaremos daqui pra frente de “subdeterminação teórica”) e a subdeterminação metafísica. A primeira ocorre quando ao menos duas teorias ou hipóteses disputam as evidências; a segunda ocorre quando há ao menos duas formas de entender ou interpretar o mesmo fenômeno em termos metafísicos. A subdeterminação metafísica será tratada na próxima seção.

Pensando a respeito da primeira subdeterminação, French (2009, pp. 98–101) exemplifica as explicações disponíveis acerca da extinção dos dinossauros.

Como o autor apresenta, as evidências que dispomos nos permitem explicar que essa pode ter sido *causada* tanto pelo choque de um enorme meteoro com a terra, bloqueando a luz solar por conta de efeitos de poeira na atmosfera; quanto pela hipótese de uma enorme atividade vulcânica naquele período, ocasionando também o bloqueamento da luz solar por conta de gases. Assim, poderia-se buscar uma inferência pela melhor explicação ou, nesse caso, pela *causa* mais provável através de um modelo causal. Porém, supondo (e apenas supondo) que ambos acontecimentos teriam como resultado uma mesma coleção de eventos para a qual possuímos evidências (um período de extinção em escala global), então ambas teorias explicam o mesmo conjunto de fatos. Ao passo em que fornecem inferências ampliativas empiricamente adequadas para esse mesmo conjunto de eventos, o modelo de inferência pela melhor explicação, ou pela causa mais provável, pode resultar em diferenças irrelevantes na qualificação de ambas. Ao mesmo tempo, é preciso notar que a garantia fornecida por eles não é tão forte quanto poderia-se supor: mesmo que, por exemplo, a hipótese do meteoro seja modelada como uma causa mais provável, isso não assegura que a mesma é verdadeira. Nesse caso (e em outros possíveis), está em jogo se e quanto faria sentido dizer que alguma dessas explicações é “mais verdadeira” do que outra —o que certamente precisará ser adaptado para alguma qualificação gradual para além da verdade (melhor apoiada, mais segura, com maior coerência com outros conhecimentos, etc.). Essa é a proposta de Niiniluoto (2019), de semelhança à verdade (*truthlikeness*). Todavia, para haver subdeterminação, sobretudo nesse caso, precisamos mostrar também que as explicações são incompatíveis entre si, que não são complementares. Afinal, é possível que a colisão de um meteoro acarrete em abalos sísmicos e erupções ao redor do planeta.

Isso posto, o cerne dessa questão está na consideração dos critérios que utilizamos para considerar teorias, hipóteses ou coleções de hipóteses empiricamente adequadas em algum sentido relevantemente similar. Como aponta French (2009, cap. 3, cap. 6), a conexão entre a teoria, aquilo que conta como evidência e o mundo não é direta, mas mediada por modelos e experimentos. O recente enfoque filosófico no aspecto experimental da atividade científica nos permite pensar os papéis desses modelos e experimentos para o surgimento desses casos, tanto nas ciências sociais quanto nas ciências naturais.

Uma caricatura do que seria esse caso de subdeterminação, que nesse momento nos fornece apenas apoio heurístico, pode ser encontrado no caso da já citada tese central da TdM: de que a crença de que as outras pessoas possuem um mundo mental interno compõe uma coleção de funções nos mecanismos

cognitivos, a partir dos quais podemos compreender e explicar o comportamento dos indivíduos. Em estudos sobre o espectro do autismo, defensores da TdM analisam o comportamento dos indivíduos e inferem dessas análises, por exemplo, que as habilidades sociais desenvolvidas e observadas contam como evidência para fazer afirmações sobre o funcionamento dos mecanismos da “teoria da mente”, o qual é codificado nos termos de uma *mindblindness* (cf. Tonielli, 2011). Dito de outro modo: através de um teste para os mecanismos interacionais que permitiriam avaliar os aspectos cognitivos relacionados à teoria da mente, um determinado desempenho nesses testes atua como evidência para uma associação sobre a subjetividade dos indivíduos, inferindo que há algo ocorrendo nos mecanismos cognitivos apoiados em torno da crença de que as outras pessoas possuem mentes, ou da mesma não ter sido completamente desenvolvida (cf. Tonielli, 2011).

O caráter ilustrativo desse caso decorre da tamanha controvérsia envolvendo-o e a própria teoria. Leudar e Costall (2009) argumentam que há uma segunda explicação aqui (que para eles é a correta), segundo a qual as razões pelas quais indivíduos exibem esse comportamento não só não fornece evidência para corroborar a TdM, mas sequer é compatível com as práticas da mesma. Para eles, os próprios estudos da TdM enfrentam desafios psico-biológicos uma vez que seus testes requerem motivações e a atenção por parte dos indivíduos. Isso faz com que crianças no espectro do autismo, por exemplo, tenham as suas habilidades imperativas inibidas pela própria situação, não engajando-se nas atividades. Esse não engajamento acarreta em uma indicação nos testes, um comportamento que informa algo. Mas essa indicação informa sobre algo relevante sobre os indivíduos em vista do background de suposições teóricas, ou informa algo sobre os próprios métodos utilizados? Desse modo, há duas alternativas: a hipótese levantada pela teoria da mente é corroborada pela situação em estudo e apoia uma conclusão sobre o mecanismo da mente dos indivíduos; ou as hipóteses levantadas pela teoria da mente junto dos seus testes sequer são aplicáveis aos seus propósitos. Nesse último caso, os próprios métodos seriam inapropriados frente ao contexto visado, revelando mais sobre essa prática metodológica do que sobre o objeto de estudo.

O valor heurístico desse exemplo está em apontar um caso de “subdeterminação prática” que por vezes é visto como trivial (cf. Schüller e Severo, 2020, pp. 316–317). Problemas de subdeterminação são casos que miram escolhas não triviais na condução das investigações, justificação das hipóteses e peso das evidências. Por exemplo, a condução de uma medição pode optar por uma ou

outra escala, ou unidade de medida, mas isso não significa que haja um caso genuíno de subdeterminação envolvida nas medições. Por outro lado, tanto no caso da TdM quanto da formulação de práticas de medição, podem haver aspectos contextuais relevantes no pano de fundo das suas metodologias (sejam critérios, virtudes ou valores). Como argumentado por Longino,

[...] os dados (medições, observações, resultados experimentais) adquirem relevância evidencial para as hipóteses somente no contexto das suposições de fundo. Estas adquirem estabilidade e legitimidade através da sobrevivência à crítica. As práticas de justificação devem, portanto, incluir não apenas o teste das hipóteses contrastadas aos dados, mas a sujeição das suposições de fundo (raciocínio e dados) à crítica a partir de uma variedade de perspectivas. (Longino, 2017, p. 51).

No caso das medições, Tal (2011, 2016) explica que esses procedimentos pressupõem que saibamos algo sobre o que será medido e como será, esquemas para que possamos formular os procedimentos e estabelecer a padronização requerida. Como diz Crease,

[...] a natureza não fornece réguas, nem balanças, nem – embora dias e anos recorram com regularidade – pontos de origem para marcar o tempo. Somos nós que os fabricamos, com auxílio de objetos como os relógios de sol e os mecânicos. Amiúde conferimos nossas medidas comparando-as com outros padrões confeccionados, ou *assumimos que tais padrões devam existir em algum lugar*, como no mito cosmológico de que a Terra é sustentada por um elefante em pé sobre tartarugas, há sempre uma tartaruga no final (Crease, 2013, pp. 5–6).

A definição de uma unidade de medida padrão, como o quilograma ou o segundo, ilustra exemplarmente em que sentido assumimos que esses padrões devam existir em algum lugar. Usualmente, pensamos que a ciência visa aproximar as suas construções teóricas e abstratas das observações particulares e concretas, da natureza. Contudo, na prática metrológica atual, por vezes, ocorre o inverso: são os procedimentos que, junto de seus modelos estatísticos locais em vista dos seus parâmetros, visam aproximar as definições idealizadas. Para compreender esses casos, além da distinção entre indicações e resultados, precisamos atentar para a distinção entre a definição de uma unidade de medida e a sua “realização” —por exemplo, a definição do segundo e um procedimento que aproximadamente satisfaz essa definição (cf. INMETRO, 2012, p. 46).

Exemplificadamente, desde 1967 o segundo-padrão é definido nos termos da duração de exatos 9,192,631,770 períodos da radiação correspondente à frequência da transição hiperfina do estado fundamental não perturbado do átomo de césio 133 (cf. Tal, 2011, 2016). Essa definição esclarece um contexto recente na história da metrologia. Precedida pela ideia de que os padrões são “retirados da natureza”, a mesma foi substituída pela adoção de descrições idealizadas junto do

conhecimento teórico atualmente disponível a fim de maximizar virtudes epistêmicas nos contextos de medição (e.g., estabilidade, exatidão, reprodutibilidade, etc.; cf. Quinn, 2017). Assim, a definição do segundo pertence a um átomo de césio não perturbado na temperatura do zero absoluto, não havendo qualquer átomo de césio “real”, ou relógio de fonte atômica, que consiga alcançá-la com exatidão “absoluta” (cf. Tal, 2011). Nesse sentido, todos os procedimentos de medida que visam a realização da definição do segundo fornecem indicações que interpretadas (através de parâmetros nos modelos teóricos e estatísticos) enquanto aproximações da definição, uma *mise en pratique*. A definição, assim, versa sobre o que um “relógio ideal” mediria, atuando como um guia para a formulação desses modelos e a construção dos aparelhos e dispositivos. Como vários procedimentos e modelos podem ser formulados em vista da definição, ela atua enquanto um ideal que subdetermina coleções de relógios e classes de modelos locais para os mesmos (cf. Tal, 2011, pp. 1087–1088, 2016, p. 330). Nesse sentido, não apenas existem certas subdeterminações (nesses casos, do experimento —e dos modelos— pelas teorias), casos atuais na ciência, como também há práticas metrológicas que trabalham esses casos com sucesso, mesmo naquelas medições com larga história e consideradas conquistas exemplares na história da mensuração científica e atualmente estáveis.

Ainda na história recente das práticas metrológicas, a redefinição do quilograma nos termos da constante de Planck fixada, ocorrida na última década, é outro bom exemplo do que estamos discutindo. A conexão entre as propostas de definições idealizadas para as unidades, as coleções de instrumentos formulados e a pluralidade de métodos estatísticos de avaliação das indicações envolvem inferências ampliativas em vista de virtudes epistêmicas e pragmáticas (cf. Quinn, 2017). Não só essas escolhas não são aspectos triviais, como a própria motivação para essa alteração advém de inferências ampliativas e estatísticas sobre os padrões materiais da unidade. Como apontado por Tal (2011), há um mito que diz que o protótipo material do metro padrão corresponde exatamente a um metro, um mito de exatidão absoluta. Esse mito torna difícil compreender por quais razões esses padrões materiais são substituídos, sobretudo em que sentido essa substituição é motivada por considerações sobre eles não serem “suficientemente exatos” ou ainda, no caso do protótipo internacional do quilograma, afirmações sobre o quilo-padrão estar perdendo massa (cf. Tal, 2016, p. 330). Isso ocorre porque a definição de uma unidade padrão requer mais do que a sua padronização teórico-material, mas sim uma rede de operações com métodos de comparação

que avaliam os parâmetros da exatidão, da estabilidade e da reprodutibilidade. É em função desses parâmetros, comparativamente analisáveis através de modelos teóricos e estatísticos, que novos padrões são buscados para substituir os anteriores (cf. Quinn, 2017). Não obstante, a história da constante de Planck e do famoso “ato desesperado” que resultou em sua elaboração (cf. Baggott, 2017, p. 129) apontam para as teses da subdeterminação metafísica. Como fechamento deste artigo, vejamos no que ela consiste.

3. SUBDETERMINAÇÃO METAFÍSICA

Como vimos na seção anterior, um dos exemplos mais notáveis casos de subdeterminação na ciência contemporânea ocorre quando nos atentamos aos fundamentos da MQ. A primeira subdeterminação, ou subdeterminação teórica, ocorre quando duas teorias disputam as evidências para o mesmo conjunto de fenômenos. Há também um outro tipo de subdeterminação, chamada de segunda subdeterminação, que ocorre quando há ao menos duas formas de entender o mesmo fenômeno em termos metafísicos. Como mostraram French e Krause (2006, cap. 4), a MQ é compatível tanto com teorias metafísicas nas quais os objetos quânticos são interpretados metafisicamente como *indivíduos* (isto é, possuindo um princípio de individualidade transcendental) quanto com teorias metafísicas de não-indivíduos (nas quais os princípios metafísicos de individualidade não se aplicam). Assim, a MQ não determina a metafísica correspondente —daí o nome “subdeterminação metafísica”. Notavelmente, a subdeterminação metafísica é independente da subdeterminação teórica, isto é, o caso da individualidade dos objetos quânticos ocorreria *ainda que* não houvesse a subdeterminação teórica (por exemplo, no caso dos cientistas encontrarem experimentos que permitam decidir entre as interpretações da MQ).

A maneira usual de colocar o problema pode ser enunciada da seguinte maneira. Suponha que dois objetos, *A* e *B* precisem ser dispostos em duas caixas, *1* e *2*. As possibilidades para organizar os objetos nas caixas são:

1. Ambos na caixa *1*;
2. Ambos na caixa *2*;
3. *A* na caixa *1* e *B* na caixa *2*;
4. *A* na caixa *2* e *B* na caixa *1*.

É fácil perceber que cada uma dessas alternativas possuem um peso estatístico de 25%, *viz.*, é com uma probabilidade de 25% que alguém poderá

encontrar os objetos nas caixas em cada uma dessas configurações. Essa é a chamada “estatística clássica”, também chamada de “estatística Maxwell–Boltzmann”.

Para o caso quântico, as possibilidades 3 e 4 são radicalmente diferentes. Objetos quânticos são indiscerníveis, *i.e.*, possuem todas as mesmas propriedades independentes de estado, *e.g.*, massa, carga, spin. São essas propriedades que nos permitem caracterizar objetos quânticos tais como elétrons, por exemplo. Agora, como podemos organizar objetos quânticos nas caixas, como na analogia anterior? Aqui esbarramos com uma consequência da indiscernibilidade de tais objetos. Sendo indiscerníveis, não há diferença na permutação de dois objetos. Assim, os itens 3. e 4. da organização *clássica* não possuem a probabilidade de 25%; antes, não há diferença estatística entre os itens 3. e 4. para o caso quântico. Contam como uma só possibilidade. A indiferença estatística da permutação de objetos indiscerníveis se deve ao Postulado da Indistinguibilidade, e é chamada de Estatística Bose–Einstein”.

Com isso em mente, podemos fazer a seguinte questão acerca do perfil metafísico desses objetos, clássico e quântico: são, metafisicamente falando, indivíduos? Isto é, possuem algum princípio de individualidade?

É fácil perceber que os objetos clássicos possuem *algum* princípio de individualidade, seja ele advindo da teoria de substrato ou de feixes (cf. Benovsky, 2016). E isso é atestado pela diferença estatística da permutação entre objetos *A* e *B*: em um sentido metafísico, *A* e *B* são *indivíduos* diferentes; desse modo, faz *diferença* organizar esses objetos em lugares diferentes. Podemos fazer uma analogia com esportes. O time 1 poderia ser diferente caso as jogadoras *A* ou *B* estivessem no time; o mesmo valeria para o time 2.

No caso quântico isso não é tão direto. A “Concepção Recebida” (“*Received View*”, cf. French e Krause, 2006) da individualidade, que é traçada aos fundadores da teoria quântica (dentre eles: Shrödinger e Weyl), argumenta que essa falta de diferença estatística é explicada pela falta de um princípio de individualidade dos objetos quânticos. Objetos quânticos seriam, de acordo com essa perspectiva, *não-indivíduos*. De fato, foi principalmente questionado se tal princípio poderia ser o dos feixes, *viz.*, o princípio metafísico de individualidade segundo o qual o que caracteriza metafisicamente os indivíduos são suas *propriedades*; ora, como vimos, elétrons possuem as mesmas propriedades, então esse princípio parece não ser uma opção para a individualidade de objetos quânticos (cf. French e

Krause, 2006; Arenhart, 2012; 2017). Essa tese é disputada até hoje (cf. Bigaj, 2022). No entanto, tal disputa não nos interessa aqui.

Do ponto de vista metodológico, basta apontarmos para o seguinte. Independentemente da teoria dos tropos ser (ou não) adequada aos objetos quânticos, a teoria do substrato certamente o é. Isso pois uma teoria de individualidade de substratos apela para um “princípio transcendental” de individualidade (termo cunhado por Post, 1963), que pode ser aplicado a qualquer tipo de objeto. Nessa perspectiva, o que individualiza um objeto é tal princípio transcendental de individualidade, uma quintessência qualitativa que independe de suas propriedades. Assim, alguém poderia argumentar o seguinte: *ainda que* não haja diferença *estatística* na permutação de objetos quânticos, haveria uma diferença *metafísica* dado que dois elétrons possuem uma individualidade transcendental (cuja expressão é frequentemente dada por meio de exceções, cf. Arroyo e Arenhart, 2020). Nessa concepção, objetos quânticos seriam *indivíduos*.

Dessa maneira, do ponto de vista metodológico, a física não determina a metafísica —ao menos na questão do princípio metafísico de individualidade. É compatível com a teoria quântica padrão supor que objetos quânticos são indivíduos (Bigaj, 2022) e não-indivíduos (Arenhart, Bueno e Krause, 2022). A isso foi dado o nome “subdeterminação metafísica” (French e Krause, 2006), ou subdeterminação da metafísica pela teoria. Deixando de lado o problema que isso gera para o realismo científico, o ponto que nos interessa neste artigo é similar ao problema da subdeterminação da teoria pelos dados, *viz.* o de justificar objetivamente a escolha de uma metafísica —e não de outra. Na subdeterminação da teoria pelos dados, o problema é o de justificar a adoção de uma teoria levando em conta apenas os dados; na subdeterminação da metafísica pela teoria, o problema é justificar a adoção de uma metafísica levando em conta apenas a teoria.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme argumentamos, utilizando os exemplos não-exaustivos de subdeterminação apresentados neste artigo, as relações entre (i) teorias científicas, (ii) evidências e (iii) interpretações metafísicas não transpassam justificações entre si de uma maneira forte. Até o momento não há um critério objetivo que seja amplamente aceito, para que alguém possa escolher objetivamente entre as alternativas levantadas nas seções 2 e 3. Com a discussão apresentada na seção 1, todavia, pode-se argumentar que as razões para isso

derivam do fato de que a prática científica administra inferências ampliativas sem elencar elementos suficientes para garantir a relação entre aquilo que é *explicado pela teoria* e aquilo que *a teoria utiliza para explicar os fenômenos*, nem garantir que haja uma única interpretação possível para uma mesma teoria em um nível metafísico.

Desse modo, para além do debate acerca do realismo científico, a subdeterminação na ciência —tomada como um fato— nos coloca diante a tarefa de responder às seguintes questões: dados/evidências podem fornecer justificção epistêmica a hipóteses teóricas? Hipóteses teóricas podem fornecer justificção epistêmica para hipóteses metafísicas? Caso queiramos responder afirmativamente a essas questões, precisamos especificar precisamente a maneira pela qual isso ocorre. O problema é que não temos essas especificações em mãos. Como vimos, esse tipo de investigação deve, necessariamente, envolver diferentes aspectos com que inferências são efetivamente realizadas na ciência, da teorização à experimentação. Contudo, a resposta para essas questões é, no estado atual da arte, um trabalho coletivo em andamento.

REFERÊNCIAS

- ARENHART, J. R. B.; BUENO, O.; KRAUSE, D. The non-individuals interpretation of quantum mechanics. In: FREIRE JR, O. (Ed.). *The Oxford Handbook of the History of Quantum Interpretations*. Oxford: Oxford University Press, 2022.
- ARENHART, J. R. B. Ontological frameworks for scientific theories. *Foundations of Science*, 17, 2012
- ARROYO, R. W.; ARENHART, J. R. B. Realismo e metafísica na mecânica quântica. In: IMAGUIRE, G.; CID, R. (Ed.). *Problemas de metafísica analítica*. Pelotas: NEPFIL/UFPEL, 2020, pp. 269–309.
- ARROYO, R. W.; OLEGARIO DA SILVA, G. Against ‘Interpretation’: Quantum Mechanics Beyond Syntax and Semantics. *Axiomathes*, 2021.
- BAGGOTT, J. *Mass: The Quest to Understand Matter from Greek Atoms to Quantum Fields*. Oxford: Oxford University Press, 2017.
- BARON-COHEN, S. *Mindblindness: an essay on autism and theory of mind*. Massachusetts: The MIT Press, 1997.
- BIGAJ, T. *Identity and Indiscernibility in Quantum Mechanics*. Cham: Palgrave Macmillan, 2022.
- BRANQUINHO, J; MURCHO, D; GOMES, N. (eds.). *Enciclopédia de termos lógico-filosóficos*, São Paulo: Martins Fontes, 2006.

BUENO, O. *O empirismo construtivo: uma reformulação e defesa*. Campinas: UNICAMP CLE, 1999.

ĆIRKOVIĆ, M. Physics versus Semantics: A Puzzling Case of the Missing Quantum Theory. *Foundations of physics*, v. 35, n. 5, 2005, pp. 817–838.

DE BARROS, J. A.; OAS, G. Can We Falsify the Consciousness-Causes-Collapse Hypothesis in Quantum Mechanics? *Foundations of physics*, v. 37, n. 10, 2017, pp. 1294–1308.

DÍEZ, J; MOULINES, U. *Fundamentos de filosofia de la ciencia*. Barcelona: Editorial Ariel, 1999.

DOUVEN, I. Abduction [Online]. In: ZALTA, E. N. (Ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Stanford: Metaphysics Research Lab, 2021. Disponível em: 2017. Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/archives/sum2021/entries/abduction/>>. Acesso em: 27 de julho de 2022.

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

FRENCH, S. KRAUSE, D. *Identity in physics: A historical, philosophical, and formal analysis*. Oxford University Press, 2006.

HAACK, S. The justification of deduction, *Mind*, v. 85, 1976. pp. 112–119.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. *JCGM: 200*. Vocabulário Internacional de Metrologia: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012). 3 ed. Duque de Caxias, INMETRO, 2012.

JAMMER, M. *The Philosophy Of Quantum Mechanics: The Interpretations Of Quantum Mechanics*. New York: Wiley e Sons, 1974.

LEUDAR, I; COSTALL, A. (eds). *Against Theory of Mind*. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2009.

LONGINO, H. Valores, Heurística e Política do Conhecimento. Trad. Débora Aymoré. *Scientiae Studia*, v. 15, n. 1, pp. 39–57, 2017.

MORTARI, C. *Introdução à lógica*. São Paulo: Editora Unesp, 2001.

MULLER, F. A. Withering away, weakly. *Synthese*, v. 180, 2011, pp. 223–233.

QUINN, T. From Artefacts to Atoms – A new SI for 2018 to be Based on Fundamental Constants. *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 65–66, pp. 8–20, 2017.

POST, H. “Individuality and Physics”. *The Listener* v. 70, pp. 534–537, 1963.

SCHÜLER, G.; SEVERO, R. Quatro Teses de Subdeterminação de Teorias Pelos Indícios Observacionais: Significados, Plausibilidades E Implicações. *Princípios*, v. 24, n. 2, pp. 299–324, 2020.

STANFORD, K. Underdetermination of scientific theory [Online]. In: ZALTA, E. N. (Ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Stanford: Metaphysics Research Lab, 2021. Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/archives/win2017/entries/scientific-underdetermination/>>. Acesso: 27 de julho de 2022.

TAL, E. Making Time: A Study in the Epistemology of Measurement. *The British Journal for the Philosophy of Science*, v. 67, 2016, pp. 297–335, 2016.

_____. How Accurate Is the Standard Second? *Philosophy of Science*, v. 78, n. 5, pp. 1082–1096, 2011.

THAGARD, P. The best explanation: criteria for theory choice. *The Journal of Philosophy*, v. 75, 1978. pp. 76–92, 1978.

TONELLI, H. Autism, Theory of Mind and the Role of Mindblindness in the Understanding of Psychiatric Disorders. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, v. 24, 2011. pp. 126–34.

VAN FRAASSEN, C. *The Scientific Image*. Oxford: Clarendon Press, 1980.