



LUIZ HENRIQUE DE ARAÚJO DUTRA

Pragmática de Modelos

NATUREZA, ESTRUTURA E USO DOS MODELOS CIENTÍFICOS

2a. edição revista

Pragmática de Modelos

Natureza, Estrutura e Uso dos Modelos Científicos



Luiz Henrique de Araújo Dutra
editor
www.lhdutra.cfh.ufsc.br
lhdutra@cfh.ufsc.br

Luiz Henrique de Araújo Dutra

Pragmática de Modelos

Natureza, Estrutura e Uso dos Modelos Científicos

2a. edição revista

Florianópolis
Edição do Autor

2020

© 2020, Luiz Henrique de Araújo Dutra.

ISBN: 978-65-902391-0-5 (e-book)

ISBN: 978-65-902391-1-2 (papel)

1a. edição: 2013, Loyola.

Catálogo na Publicação (CIP)
Ficha catalográfica elaborada pelo autor

D978p Dutra, Luiz Henrique de Araújo

Pragmática de modelos : natureza, estrutura e uso dos modelos científicos / Luiz Henrique de Araújo Dutra. – Florianópolis : Edição do autor, 2020.

381p.

Inclui bibliografia

Disponível em: <<http://lhdutra.cfh.ufsc.br>>

ISBN: 978-65-902391-0-5 (e-book)

ISBN: 978-65-902391-1-2 (papel)

1. Ciência. 2. Filosofia. 3. Epistemologia. 4. Metodologia. 5. Pragmatismo. I. Título.

CDU: 001.1

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra poderá ser reproduzida, arquivada ou transmitida por quaisquer meios ou formas para uso comercial sem a prévia autorização por escrito do editor.

Para minha mãe,
Maria Zélia

Talvez toda ciência deva começar com a metáfora e terminar com a álgebra; e talvez sem a metáfora nunca tivesse havido qualquer álgebra.

Max Black

Sumário

Prefácio à segunda edição	II
Prefácio à primeira edição	13
Introdução	17
1 Modelos semânticos e matemáticos	29
1.1 Modelos para linguagens de primeira ordem	32
1.2 Modelos de Kripke para a lógica modal	35
1.3 Mundos possíveis como abstrações	38
1.4 Modalidades e leis	41
1.5 Modelos matemáticos	45
2 Analogias e metáforas	51
2.1 O problema da assimetria	51
2.2 A concepção interativa da metáfora	58
2.3 Os modelos teóricos segundo Black	65
2.4 As analogias segundo Hesse, Duhem e Campbell	71
2.5 A assimetria de um ponto de vista pragmático	81
3 Modelos nômicos	85
3.1 Analogias substantivas e formais	86
3.2 Modelos analógicos e nômicos	97
3.3 A prioridade dos modelos nômicos	103
4 Sistemas físicos ideais	109
4.1 A concepção semântica	112
4.2 Estruturas matemáticas	117
4.3 Sistemas físicos abstratos	129
5 Máquinas nomológicas	141
5.1 Entidades cognitivas	143
5.2 Projetos de máquinas nomológicas	158
5.3 Máquinas nomológicas abstratas	170

6	Mediadores	177
6.1	Quatro questões fundamentais	179
6.2	Autonomia: usos e funções dos modelos	186
6.3	Formas de representação, simulação e aprendizagem	191
6.4	Mediando os mediadores	198
7	Simulações	205
7.1	A simulação como fonte de conhecimento novo	206
7.2	Experimentos, simulações e validade externa	218
7.3	Experimentos imaginários	227
7.4	Simulações com modelos concretos e digitais	245
8	Entidades abstratas	251
8.1	Resíduos ontológicos	256
8.2	Platonismo, nominalismo e mentalismo	264
8.3	Entidades do <i>Mundo 3</i>	272
8.4	A <i>realidade perspectivista</i> das instituições	279
8.5	Os modelos científicos como entidades autônomas	286
9	Pragmática da investigação	291
9.1	Tipologias de modelos	294
9.2	O conhecimento direto de máquinas nomológicas abstratas	306
9.3	O caráter normativo dos modelos abstratos	311
9.4	As relações entre modelos	315
9.5	O padrão da pesquisa científica	323
10	Modelos nas ciências humanas	333
10.1	A questão da calibragem	334
10.2	Sistemas hierárquicos	342
10.3	Análise situacional	351
10.4	Sistemas de ação distribuída	359
10.5	Modelos contextuais e institucionais	364
	Referências bibliográficas	371

Prefácio à segunda edição

A primeira edição deste livro foi feita em 2013 – o que não é há muito tempo –, mas, infelizmente, não recebeu grande divulgação por parte da editora que a realizou. Depois de sete anos, essa editora se desinteressou completamente do livro e abriu mão dos direitos de reprodução. Sendo de caráter comercial (embora tenha também pretensões acadêmicas), talvez sua expectativa fosse que o livro se vendesse às centenas de milhares, o que não é de forma alguma o que se pode esperar no Brasil dos livros acadêmicos mais especializados.

É notório que os autores desse tipo de livro em nosso país, sendo pesquisadores e professores de universidades, não têm a esperança de ver suas obras se tornarem *best sellers*. Fiéis ao espírito acadêmico que os inspira, eles têm, ao contrário, apenas a intenção de disseminar o saber e contribuir para a formação de nossos jovens e para o aperfeiçoamento de suas áreas de pesquisa.

É com essa postura que a segunda edição deste livro vem a público, gratuita no formato digital. A editoração do texto, contudo, foi feita de forma a tornar possível sua impressão, para aqueles que desejarem ler o livro em papel, embora hoje os dispositivos de leitura estejam se tornando cada vez mais populares, de maneira que já se pode prever que no futuro não muito distante os *ebooks* venham a ser o meio de distribuição preferencial, se não mesmo exclusivo.

Apenas pequenas modificações estilísticas foram feitas no texto, além de adaptá-lo às normas da ABNT, algo que acabou por se impor no meio editorial do país. Algumas notas mais longas puderam ser incorporadas ao texto principal, conservando basicamente o mesmo conteúdo, mas facilitando a leitura. Isso foi possível também graças à eliminação de certos modismos que os revisores profissionais encaram como regras inflexíveis, algo que retira a naturalidade do estilo do autor. Mesmo os livros acadêmi-

cos são expressões da forma peculiar de pensar e de se comunicar de seus autores. Há um certo alívio para o autor em se reconhecer de novo naquilo que leva seu nome.

A pesquisa que resultou neste livro teve o apoio financeiro do CNPq através de uma bolsa de produtividade em pesquisa. A essa instituição vão nossos agradecimentos mais uma vez.

Nossos agradecimentos também vão a todos os alunos e colegas com os quais convivemos ao longo de nossa carreira acadêmica, especialmente os da Universidade Federal de Santa Catarina, assim como os da Universidade de Brasília, de cujo programa de pós-graduação em filosofia passamos mais recentemente a fazer parte.

Por fim, como sempre, um agradecimento especial a Maria Stella, pelo estímulo e pelo carinho, e a nossa filha do coração, Giulliana.

L. H. de A. Dutra
Florianópolis, janeiro de 2020

Prefácio à primeira edição

A bibliografia recente sobre o tema dos modelos científicos se divide basicamente em dois tipos de obras, a saber, aquelas que possuem caráter mais conceitual e especulativo, tratando propriamente da noção de modelo, e aquelas que possuem caráter mais ilustrativo e histórico, contendo estudos de casos. Algumas vezes, nos textos do primeiro grupo há também um esforço para recuperar as contribuições de filósofos da ciência do passado, em especial da primeira metade do século XX, e de cientistas-filósofos, em especial muitos dos principais nomes científicos dos séculos XVI-II e XIX. Nos textos do segundo grupo, esses próprios últimos autores mencionados são o foco da análise, além dos cientistas que no século XX utilizam modelos em suas pesquisas, mesmo que não apresentem reflexões específicas sobre essa prática.

Os estudos de caso são muitas vezes esclarecedores e ricos em informação científica, e estão veiculados em geral em artigos de periódicos de filosofia da ciência e de história da ciência ou em coletâneas voltadas para o tema. Embora eles possam contar como parte de uma pesquisa empírica, digamos, sobre a forma como implícita ou explicitamente os cientistas das diversas áreas entendem o que é um modelo, esses estudos de caso pouco permitem avançar no entendimento da noção de *modelo científico* propriamente, nada comparado ao que na filosofia da ciência já foi feito em relação às noções de teoria, experimento, explicação, paradigma etc.

Os estudos mais conceituais ou especulativos começaram como contribuições esparsas que, no máximo, eram capítulos de livros mais gerais (não necessariamente introdutórios) de filosofia da ciência, publicados em meados do século XX. Mas nos anos 1960 esse tipo de discussão sobre os modelos científicos contou com contribuições pioneiras de alguns, como as – hoje considera-

das clássicas – obras de Max Black e Mary Hesse.¹ Mas foi o surgimento e o desenvolvimento nas duas décadas seguintes da *abordagem semântica*, primeiro com os trabalhos pioneiros de Patrick Suppes, depois com filósofos da ciência que se notabilizaram por defender essa postura, como Frederick Suppe, Ronald Giere e Bas van Fraassen, que o tema dos modelos, por assim dizer, entrou na ordem do dia das discussões dos filósofos da ciência. Desde então, o assunto tem recebido muitas contribuições.

Este livro se destina a procurar dar uma contribuição a esse tipo de discussão sobre os modelos científicos. Os autores ligados à concepção semântica e as ideias sobre modelos que eles defendem também serão objeto de nossas análises, mas, de fato, um tanto curiosamente, nem sempre eles são aqueles que mais nos esclarecem sobre a noção de modelo, embora alguns deles, em especial Suppe e Giere, defendam concepções interessantes que, a nosso ver, ao lado de outras concepções seminais nesse domínio, como as de Nancy Cartwright, assim como as de Margaret Morrison e Mary Morgan, auxiliam muito para uma compreensão mais abrangente e aprofundada dos modelos científicos, sua constituição, sua natureza e seu uso na prática científica.

Mesmo que algumas das ideias que contribuem para alcançar esse tipo de compreensão dos modelos científicos provenham de autores ligados à abordagem semântica, não pretendemos que as possíveis contribuições deste livro sejam tomadas como resultado de nos alinharmos com a abordagem semântica. Em primeiro lugar, a postura que desejamos adotar é, ao contrário, pragmática. Em segundo lugar, em viés pragmático, são mais relevantes, de fato, as contribuições de autores que não estão ligados à abordagem semântica, como as três filósofas mencionadas no parágrafo anterior.

¹ As referências às obras de todos os autores aqui mencionados serão indicadas nos capítulos, à medida que discutirmos especificamente suas ideias, e estão reunidas no final do volume.

Por outro lado, uma análise pragmática dos modelos científicos não implica necessariamente (detalhados) estudos de caso, embora alguns deles também forneçam informação relevante para esse propósito. Uma análise *pragmática* dos modelos científicos deve se concentrar na *utilização dos modelos na investigação científica*, mas de forma abstrata, almejando resultados comparáveis com aqueles buscados pelas análises axiomáticas e semânticas das teorias científicas. Assim, tomar os modelos como ferramentas básicas da investigação científica não implica desconsiderar sua natureza abstrata e sua estrutura, isto é, sua constituição *interna*, pois esses aspectos também são relevantes no entendimento da utilidade dos modelos na investigação.

A ideia central que desejamos explorar é que os modelos são os principais instrumentos da pesquisa científica e que é um equívoco da literatura tradicional em filosofia da ciência colocá-los em uma função subsidiária e de importância marginal. Isso, em parte, deriva do fato de que os modelos têm sido vistos apenas como representações aproximadas, ou como recursos meramente ilustrativos das teorias, ou como formas improvisadas de relacionar teoria e fato. Procuraremos defender que os modelos não são estruturas menos importantes que as próprias teorias e que, de fato, são não apenas independentes das teorias, mesmo quando permitem a mediação entre teoria e fato, mas são, de fato, estruturas que podem ser estudadas em si mesmas, graças à sua natureza abstrata, assim como as próprias teorias científicas.

Este livro dá seqüência a nossas discussões em *Pragmática da investigação científica* (em especial os capítulos 4 e 8) e também resultou da pesquisa realizada durante anos com financiamento do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), na modalidade de produtividade em pesquisa; e agradecemos a essa agência pelo apoio neste e nos demais projetos. Agradecemos também à Universidade Federal de Santa Catarina, em especial aos colegas professores, funcionários e alunos ligados ao Departamento de Filosofia e ao Programa de Pós-Graduação

em Filosofia, alguns dos quais têm sido interlocutores assíduos e interessados durante anos. Por fim, como sempre, um agradecimento especial a Maria Stella, pelo estímulo e pelo carinho.

L. H. de A. Dutra
São Pedro, janeiro de 2012

Introdução

O subtítulo deste livro talvez necessite de maior explicação que seu próprio título, tendo em vista alguns dos termos – como “natureza” e “estrutura” – que ali aparecem associados a uma concepção *pragmática* dos modelos científicos, concepção que enfatiza o uso de modelos por parte das comunidades científicas na prática de investigação. A ênfase principal das discussões sobre os modelos científicos a serem apresentadas neste livro é certamente pragmática, o que pode sugerir que não seria então o caso de falarmos da *natureza* e da *estrutura* de tais modelos, o que, à primeira vista, seria mais apropriado em uma abordagem mais especulativa (ou metafísica), abordagem que a postura pragmática não poderia – nem deveria – contemplar, diríamos. O que é próprio ou não da postura pragmática, por sua vez, também é um assunto que devemos comentar nesta Introdução e nos capítulos a seguir. Mas vejamos antes em que medida essa postura também pede – ou talvez, melhor dizendo, *não possa evitar* – comentários sobre as questões a respeito da natureza e da estrutura dos modelos científicos, mesmo que isso seja entendido em associação com as questões sobre seu uso na prática científica.

Os modelos científicos serão caracterizados aqui como entidades abstratas – e este é, de fato, um tema para a metafísica (ou ontologia, como muitos preferem dizer hoje). Mas estamos aqui no domínio da filosofia da ciência e, logo, não deveríamos dar espaço para questões metafísicas de forma tão direta, argumentariam muitos, por sua vez, e com certa razão. Pelo menos as questões metafísicas não deveriam desde o início ser parte integrante das principais discussões da filosofia da ciência. Não é este o caso, contudo. Assim como outros tipos de modelos, os modelos científicos são estruturas abstratas; e não há como falar de *estruturas abstratas* sem esclarecer desde logo o que se entende por

elas, ainda que uma discussão mais pormenorizada venha a ser feita adiante, no capítulo 8.

Um modelo eminentemente científico não é, por exemplo, um modelo em escala (ou um tipo de modelo icônico), que, este sim, é uma estrutura física ou material. Há certa ambiguidade no uso comum do termo “físico”. Às vezes, um sistema é dito *físico* se pode ser descrito pelas leis da física, como, por exemplo, um pêndulo ou um plano inclinado. Mas outras vezes, tanto na vida comum como na filosofia, também é usual dizermos que uma coisa *material* é de *natureza física*, em oposição ao que *não é* dado no espaço e no tempo. Ora, os modelos científicos de que falamos não são, pois, coisas materiais ou físicas nesse segundo sentido, já que não são dados no espaço e no tempo. Eles são, portanto, entidades abstratas. Sobre o primeiro sentido aqui mencionado do termo “físico”, de sistemas descritos pelo emprego das leis da física, alguns modelos são estruturas físicas. Mas é preciso notar que nesse sentido, em geral, há dois tipos de sistemas físicos, isto é, de sistemas que podem ser descritos pelas leis da física (seja de forma aproximada, seja de forma exata): os sistemas concretos (ou materiais, isto é, dados no espaço e no tempo) e os abstratos. Ora, quando falamos de modelos físicos propriamente, estamos falando desses últimos, ou seja, aquelas estruturas abstratas nas quais se aplicam as leis da física de forma exata. Embora alguns preferam falar de sistemas *reais*, em oposição aos sistemas abstratos (o que pode sugerir, portanto, que esses últimos não são, eles mesmos, reais), preferimos utilizar o termo “concreto” para tais sistemas. Assim, os sistemas abstratos existem da mesma forma que os sistemas concretos, embora tenhamos de conceder que esses dois tipos não possam *existir* da mesma maneira.¹

Falamos de modelos científicos assim como falamos de números, figuras geométricas, assim como daquelas entidades de

¹ Essas são, de fato, discussões comuns na metafísica ou ontologia, e retornaremos a elas no capítulo 8.

que se ocupam os linguistas (como palavras e sentenças) e ainda também de *instituições*. Tal como no caso dos modelos científicos, no caso dessas outras entidades nunca estamos falando de entidades físicas enquanto estruturas materiais ou concretas. Assim, temos pelo menos que encarar o fato de que podemos falar objetivamente de determinadas estruturas abstratas; falamos delas tão objetivamente quanto falamos de estruturas concretas. Por isso a natureza de um modelo enquanto estrutura abstrata deve ser um tema para as investigações deste livro, não menos do que seu papel na prática científica.

Por sua vez, o termo “estrutura” também apresenta certa ambiguidade. Um modelo é uma estrutura, tal como em geral os lógicos se referem aos modelos com os quais lidam ordinariamente – aqueles modelos que serão aqui denominados *semânticos* (ou modelos conjuntistas). Os modelos científicos (como o modelo do pêndulo, o modelo do plano inclinado, o modelo da molécula de DNA e outros) são também *estruturas*, em um sentido próximo daquele em que os lógicos falam de determinadas estruturas, como os referidos modelos conjuntistas para linguagens de primeira ordem e os modelos de Kripke para sistemas modais, dos quais falaremos no capítulo 1. Assim como esses modelos, os modelos científicos são *configurações de objetos*, digamos, e não simplesmente coleções deles. Uma configuração de objetos difere de uma coleção dos mesmos objetos por serem eles, neste caso, tomados em relações específicas. Portanto, um modelo de qualquer tipo possui uma estrutura nesse sentido, um arranjo interno, podendo, por extensão então, também ser denominado *estrutura*.

Este é o sentido no qual o termo “estrutura” é empregado aqui. Trata-se de um ordenamento básico das partes de alguma coisa. Isto é, em que pese a repetição, uma *estrutura*, nesse sentido do termo, é o ordenamento básico das partes de uma *estrutura*. Um modelo em escala é *modelo* de outra estrutura (maior ou menor que ele) porque suas partes estão arranjadas (aproximadamente) segundo a mesma estrutura daquilo de que ele é um modelo,

como é o caso, por exemplo, de uma maquete de prédio ou de um modelo em miniatura de avião, de barco, de carro etc.

No sentido aqui dado ao termo “estrutura” (determinado arranjo, ordenamento ou configuração específica de certos objetos), Bertrand Russell, em seu *Introduction to Mathematical Philosophy* (1937, p. 60s), diz que uma estrutura é um *mapa*. Ele diz que duas coisas (Russell está falando especificamente de relações) possuem a mesma estrutura se o mesmo mapa serve para ambas – e, portanto, uma delas pode também ser um mapa da outra. O mapa de uma relação – sua estrutura –, diz Russell, é algo mais abstrato do que outras formas de considerá-la (por exemplo, a extensão da relação). O que é revelado pelo mapa é exatamente a estrutura da relação considerada. Trata-se da mesma diferença de níveis de abstração que há entre os modelos conjuntistas e os modelos teóricos. Esses últimos são mais abstratos que os primeiros, como argumentamos em *Pragmática da investigação científica* (DUTRA, 2020, cap. 4).

Os modelos em escala, entre eles os mapas (de cidades, países etc.), são representativos daquelas coisas a que se referem porque possuem a mesma estrutura que elas. Eles são sempre *mapas* nesse sentido mais abstrato em que Russell emprega esse termo e a palavra “estrutura”. É essa ideia, uma vez generalizada, que nos permite dizer que os modelos teóricos são *mapas* ou *guias* para podermos explorar e conhecer outras coisas.

Assim, vemos que o próprio termo “modelo” também apresenta um uso secundário. Ou seja, uma estrutura é *modelo* de outra quando permite representar a outra. Isto põe em evidência uma das principais funções dos modelos científicos, que são *modelos representativos*, além de serem também *interpretativos*.² De fato,

² A distinção é feita por Nancy Cartwright (1999a, cap. 3), mas entendemos as funções *representativa* e *interpretativa* dos modelos de uma forma diferente daquela dessa autora, cuja posição será examinada no capítulo 5.

como veremos nos capítulos 6, 7 e 9, a função interpretativa de um modelo científico é mais importante que sua função meramente representativa. Um modelo interpretativo é aquele modelo que pode ser utilizado como instrumento de investigação, o que dá margem a fazer descobertas sobre propriedades da estrutura original, aquela da qual tal modelo é um modelo. Sem essa propriedade, os modelos científicos seriam inúteis. Eles seriam no máximo peças decorativas destinadas apenas a um uso meramente didático, como os modelos icônicos ou em escala em seu emprego mais usual.³

Embora seja comum dizermos que os modelos conjuntistas ou semânticos que os lógicos elaboram para linguagens de primeira ordem se destinam a interpretar tais linguagens, esses modelos não são *interpretativos* no mesmo sentido em que utilizamos aqui esse termo em relação aos modelos científicos. Os modelos semânticos são, neste caso, apenas representativos, e não interpretativos, pois eles não auxiliam na atividade de descoberta, coisa que um modelo científico pode e deve fazer.

Voltemos contudo ao tema, acima indicado, do caráter abstrato dos modelos científicos, em contraposição, por exemplo, ao caráter concreto dos modelos em escala. Falar da natureza ou do caráter desses modelos é, no presente livro, a mesma coisa. No capítulo 8 vamos discutir a natureza dos modelos científicos, os quais vamos chamar aqui de *modelos-réplica*, expressão que já empregamos na obra anterior já mencionada (DUTRA, 2020). Esta expressão é utilizada para indicar que os modelos científicos são réplicas abstratas de outras estruturas ou sistemas quaisquer. Tais outras estruturas podem ser ou *concretas* (no sentido comum acima indicado, isto é, estruturas ou sistemas espaçotemporais), ou

³ Contudo, modelos deste tipo também podem ser utilizados em simulações, como veremos no capítulo 7. Cf. também CHADAREVIAN; HOPWOOD, 2004. E nesse caso seu uso não é meramente ilustrativo, mas pode conduzir a descobertas.

abstratas (isto é, aqueles sistemas que, se existem, não se localizam no espaço e no tempo). Um modelo semântico, por exemplo, ao ser formulado pelo lógico, certamente existe, mas não é uma estrutura espaçotemporal. Nem o são os modelos-réplica elaborados pelos cientistas.

O termo “sistema”, obviamente, é utilizado aqui com o mesmo significado de “estrutura”, isto é, como uma configuração de objetos. Um plano inclinado real (por exemplo, uma prancha apoiada sobre um tijolo, sobre a qual fazemos deslizar um corpo qualquer) é um sistema concreto no sentido ordinário já mencionado. Trata-se de uma configuração ou arranjo de corpos materiais ou objetos concretos. O plano inclinado idealizado (aquele no qual, de forma exata e perfeita, valem as leis da mecânica clássica) é também um sistema físico, mas em outro sentido do termo. Trata-se agora de um modelo ou de uma estrutura abstrata. Esse plano inclinado ideal é uma estrutura *física* no sentido científico, isto é, ele exhibe com exatidão as propriedades das coisas tal como são elas descritas por uma teoria física. Ele é, por sua vez, uma configuração de objetos abstratos ou idealizados.⁴

Há relações interpretativas e representativas entre os dois planos inclinados acima mencionados – o material (ou concreto) e o abstrato. Este último é uma ferramenta interpretativa do primeiro, que, por sua vez, é uma representação material daquele. Mas, é claro, o plano inclinado abstrato também é uma representação do plano inclinado material, e esse também é uma ferramenta interpretativa daquele, mas em diferente proporção. Este

⁴ Alguns autores (como Nancy Cartwright e Frederick Suppe) procuram sustentar a distinção entre abstração e idealização, e, assim, entre objetos abstratos e ideais (ou idealizados). Examinaremos essas distinções com detalhe no capítulo 5. A nosso ver, as distinções apresentadas por esses autores (CARTWRIGHT, 2002, cap. 5, e SUPPE, 1989, cap. 3) não se sustentam, e tomamos aqui os termos “ideal” e “abstrato”, ou “idealização” e “abstração”, no mesmo sentido.

ponto está relacionado com o tema da assimetria, que será discutido no capítulo 2, juntamente com o tema da metáfora.

A atividade de modelar é uma atividade de comparar sistemas e envolve o emprego de analogias e metáforas. As funções representativa e interpretativa dos modelos estão ligadas à natureza dessas analogias e metáforas. Um modelo que representa determinado sistema, simplificando-o, via de regra, não ajuda a descobrir propriedades do sistema original. Este é o caso dos modelos em escala. Embora um modelo científico seja, em certo sentido, uma simplificação em relação a estruturas ou sistemas concretos, ele deve ser interpretativo, isto é, deve permitir conhecer melhor as estruturas das quais ele é um modelo. O plano inclinado ideal é uma simplificação em relação aos planos inclinados concretos porque desconsidera determinadas variáveis (como atrito, resistência do ar e outras interferências possíveis de sistemas vizinhos, como as eletromagnéticas e as gravitacionais). Mas, mesmo assim, o plano inclinado ideal ajuda a compreender melhor o comportamento de planos inclinados reais.

O tipo de analogia que há entre um modelo e aquela estrutura da qual ele é um modelo é basicamente a mesma que há entre os termos principal e secundário de uma metáfora. Quando dizemos, por exemplo, que o homem é um lobo, esperamos que o que sabemos do comportamento dos lobos nos ajude a entender melhor os homens, mas não o contrário. Há uma assimetria entre as estruturas comparadas quanto ao entendimento que uma permite da outra. Essa é a concepção comum, que, entretanto, é desafiada por Max Black, como veremos no capítulo 2. Tal como procuraremos mostrar, a possibilidade de *reverter* a metáfora reside, contudo, no contexto em que ela é formulada. E os contextos dos quais vamos nos ocupar são os contextos de investigação científica, nos quais determinados modelos são utilizados como ferramentas de pesquisa.

Este livro se propõe, de forma conceitual ou especulativa, a dar uma visão geral das discussões hoje consideradas clássicas

sobre modelos, como aquelas empreendidas de forma pioneira por Black e outros autores, como Mary Hesse e Patrick Suppes. Há outros filósofos da ciência de renome no século XX que também defenderam concepções enriquecedoras para uma adequada compreensão dos modelos, como Ernst Nagel, Carl Hempel e Frederick Suppe; e também vamos discutir suas ideias. Por fim, o tema dos modelos tornou-se um item importante de discussão dos filósofos da ciência a partir das polêmicas em torno do realismo científico, congregando autores como Bas van Fraassen, Ronald Giere e Nancy Cartwright – essa última defendendo as ideias que mais inspiraram nossa própria concepção dos modelos científicos – com sua noção de modelo como projeto de máquina nomológica.

Embora este livro proporcione, portanto, uma visão geral das principais concepções de modelos científicos que encontramos nos grandes autores da filosofia da ciência nos séculos XX e XXI, ele não é um livro introdutório, mesmo que seja em algumas partes expositivo em alguma medida. As exposições das ideias dos autores acima mencionados e de outros destinam-se apenas a constituir um pano de fundo diante do qual uma discussão mais aprofundada sobre a natureza e o papel dos modelos na prática científica pode ser feita de forma produtiva. Os últimos capítulos deste livro contêm a apresentação mais detalhada de nossa própria concepção dos modelos científicos, que deve muito, obviamente, aos autores aqui mencionados e a outros, mas que pretende ir além de suas contribuições.

Este livro dá continuidade às investigações apresentadas em nosso trabalho anterior, *Pragmática da investigação científica* (DUTRA, 2020), e a leitura prévia desta obra (pelo menos dos capítulos 4 e 8) pode ajudar na compreensão das discussões mais aprofundadas que virão nos próximos capítulos, embora não seja indispensável. A ideia básica lá defendida e aqui retomada é que a investigação científica se caracteriza preponderantemente pelo uso de modelos-réplica. Por sua vez, o que o presente livro pre-

tende é ser um instrumento mais afiado para uma análise do papel dos modelos na atividade científica e, além disso, ser uma aplicação desse mesmo instrumento, em especial nos dois últimos capítulos, com destaque para o papel dos modelos-réplica nas ciências humanas.

Mencionamos acima alguns tipos de modelos, como os modelos semânticos da lógica, os modelos em escala (que são um tipo de modelo icônico) e os modelos científicos (ou modelos-réplica), sendo esses últimos modelos abstratos. Para terminar esta introdução, vamos comentar um pouco os outros tipos de modelos em comparação com os modelos científicos.

Os tipos mais simples de modelo que conhecemos são o modelo icônico e, nesta categoria, o modelo em escala. O modelo icônico guarda com a estrutura modelada certa similaridade física ou material. O modelo em escala é um modelo icônico que, em geral, apenas altera as dimensões das partes do sistema por ele representado e, às vezes, as próprias proporções. Esses modelos são estruturas ou sistemas materiais simplificados em relação àquelas estruturas ou sistemas que representam. Dificilmente esse tipo de modelo possuiria uma função interpretativa, sendo utilizado mais para fins didáticos e possuindo, portanto, um papel quase que meramente representativo.

Os modelos semânticos, assim como os modelos-réplica, são estruturas abstratas. Os modelos comuns para linguagens de primeira ordem são estruturas conjuntistas. Portanto, na verdade, tais modelos são de natureza matemática. Os modelos para sistemas modais também são estruturas conjuntistas, como veremos no capítulo 1. Mas, tanto nesse caso quanto naquele, os elementos que constituem os conjuntos em questão são outras estruturas, nem sempre de natureza matemática, podendo inclusive ser modelos de outros tipos. Os modelos semânticos são importantes em certo tipo de interpretação das teorias científicas ou, melhor dizendo, em certo tipo de interpretação *da linguagem* na qual as teorias científicas são comunicadas. Mas, como este livro pretende

mostrar, os modelos científicos não são modelos semânticos desse tipo.

Em *Pragmática da investigação científica* (DUTRA, 2020, cap. 4) utilizamos também os termos “matemático” e “metamatemático” para nos referirmos aos modelos semânticos ou conjuntistas, seguindo o que faz Frederick Suppe (1974; 1989). Contudo, essa terminologia nos parece agora inadequada, pois podemos falar também de modelos eminentemente *matemáticos*, tal como faz Max Black (1981), como veremos no capítulo 1. Os *modelos matemáticos* aos quais nos referimos agora são estruturas matemáticas de um tipo diferente das estruturas conjuntistas que constituem os modelos semânticos para linguagens de primeira ordem ou para a lógica modal. Os modelos matemáticos são expressos em fórmulas (equações, inequações, funções etc.). Mas, a nosso ver, esses modelos são a expressão matemática de leis, não sendo, portanto, propriamente falando, *modelos científicos* no sentido em que tomamos essa expressão.

Os modelos científicos, que são denominados por Black *modelos teóricos*, por Suppe *réplicas abstratas* e que denominamos *modelos-réplica* e *modelos nomológicos*, tal como sugerem estas expressões, são estruturas abstratas de um tipo completamente diferente daquelas que encontramos nos modelos semânticos e nos modelos matemáticos. Os modelos-réplica são entidades abstratas, assim como os números, os conjuntos, as figuras geométricas, as proposições e as instituições. Eles possuem o mesmo caráter abstrato, portanto, das entidades matemáticas, linguísticas e sociais. E é para o entendimento da natureza desses modelos e de seu papel na investigação científica que se destinam nossas principais discussões neste livro. A postura pragmática que adotamos destina-se a esclarecer o papel que esses modelos desempenham na prática científica.

A nosso ver, uma compreensão ao mesmo tempo abrangente e aprofundada da natureza dos modelos científicos e de seu uso na prática científica, o que constitui o objetivo dos capítulos

finais deste livro (8 a 10), depende em grande medida do conhecimento de diversos aspectos dos modelos científicos sobre os quais os autores já mencionados e outros mais comentam em grande parte da literatura disponível. Entre tais autores e aspectos que nos parecem relevantes, além de alguns temas e dos respectivos capítulos deste livro nos quais serão eles discutidos, e que já foram mencionados acima, gostaríamos de chamar a atenção para as contribuições, em particular, de Mary Hesse e suas análises sobre as concepções de Norman Campbell e Pierre Duhem (capítulo 2, em especial o papel das analogias), e também aquelas de Nagel e Hempel (capítulo 3) sobre o caráter nômico dos modelos científicos, as de Patrick Suppes, Bas van Fraassen e Frederick Suppe (capítulo 4) sobre os modelos da perspectiva da abordagem semântica, assim como as contribuições de Ronald Giere (capítulo 5), juntamente com as de Nancy Cartwright (no mesmo capítulo 5) e, por fim, as de Mary Morgan e Margaret Morrison (capítulo 6) sobre os modelos como mediadores, uma concepção que elas também desenvolveram a partir das ideias de Cartwright.

O capítulo 7 apresenta uma discussão sobre os modelos como simulações, um aspecto que tem sido encarado como mais relevante nas áreas tecnológicas do que na ciência pura propriamente. Mas pretendemos mostrar que, de fato, também os modelos-réplica desempenham na investigação científica uma função basicamente ligada à simulação e ao experimento. Por exemplo, eles servem para a elaboração de experimentos imaginários.

Além do já mencionado capítulo 8, que contém uma discussão de caráter ontológico sobre os modelos científicos como réplicas abstratas, o capítulo 9 explora diversos aspectos do uso de modelos na prática científica, com especial destaque também para os *modelos-ponte*, que são estruturas intermediárias que, como sugere o próprio termo, fazem uma ligação entre as noções mais teóricas e as observações, medições e a experimentação em geral. O uso de modelos científicos é não apenas uma prática corrente nas ciências humanas, mas, de fato, nesse domínio encontramos o

uso dos modelos que talvez mais nos esclareça a respeito de sua natureza. O capítulo 10 apresenta uma discussão sobre alguns problemas metodológicos nesse domínio, em especial a autonomia das entidades sociais e a estreita relação entre essa concepção e aquela dos modelos científicos que é defendida neste livro.

A concepção da prática científica que esperamos que possa resultar das discussões deste livro é a de uma atividade na qual os modelos não desempenham apenas um papel assessorio ou secundário, mas, ao contrário, um papel central e que poderia mesmo ser atribuído à natureza da investigação em geral. A tarefa que a filosofia da ciência se impôs ao longo de décadas, de interpretar as teorias científicas, mesmo quando um espaço foi dado aos modelos, como na abordagem semântica, impediu, contudo, de percebermos o papel muito mais fundamental dos modelos na prática científica e talvez, como sugerimos, a centralidade dos modelos no conhecimento humano em geral. E talvez por isso as ciências humanas sejam hoje domínios de investigação nos quais o papel dos modelos seja mais claro e valorizado, já que, aparentemente, esse é um campo em que não possuímos teorias tão bem desenvolvidas e amplos acordos entre os profissionais da área como, por exemplo, na física. Assim, onde deixamos de dar atenção prioritariamente às teorias, os modelos puderam ser notados em toda sua capacidade cognitiva.

Modelos semânticos e matemáticos

Os modelos utilizados na lógica (modelos *semânticos* ou *conjuntistas*) e os modelos matemáticos (utilizados nas ciências) são aqueles que vamos abordar neste capítulo, cujo objetivo é mostrar o que está por trás de ambas essas noções, a saber, os modelos teóricos ou modelos-réplica. Retomamos os modelos de Kripke para a lógica modal, uma vez que eles invocam a noção de mundo possível, uma noção importante também para uma adequada compreensão da natureza e do papel dos modelos científicos teóricos.

O enfoque de Kripke permite generalizar a noção de mundo possível, e considerar os modelos para linguagens de primeira ordem (que são extensionais) também como mundos possíveis. Os modelos científicos, por sua vez, são intensionais, mas também podem ser descritos parcialmente por meio de modelos matemáticos, como veremos. A noção de modelo matemático desenvolvida aqui é retomada de Black (1981, p. 219-243).

A respeito da noção de mundo possível, seguiremos uma das ideias do próprio Kripke (1996, p. 1-21), a saber, aquela de que um mundo possível é uma situação contrafactual. Essa concepção ajuda a esclarecer a natureza dos modelos científicos idealizados, uma vez que um modelo exhibe o comportamento de um sistema tal como ele seria se as circunstâncias fossem diferentes daquelas que de fato encontramos no mundo.

Por exemplo, o modelo do plano inclinado ideal mostra como se comportaria um corpo deslizando sobre uma superfície plana e sendo submetido exclusivamente à força gravitacional, o que é claramente uma situação contrafactual, pois sempre há interferências de outros sistemas físicos sobre um sistema dado. O modelo de uma sociedade sem crimes mostra como seriam as relações sociais se as leis de tal sociedade não fossem violadas, cir-

cunståncias nas quais continuaria a haver problemas econômicos e sociais que, claramente, não decorrem da iniciativa pessoal e do nível de satisfaçaõ individual de necessidades.

Assim, podemos dizer que os modelos científicos possuem uma dimensãõ *modal*, isto é, eles representam situaçaõs *possíveis* segundo determinada teoria. Por outro lado, alguns modelos também envolvem a noçaõ de necessidade. As noçaõs de possibilidade e necessidade remetem a diferentes concepçaõs das leis científicas e este tema está ligado àquela discussãõ sobre o que denominaremos *modelos matemáticos*. Como dissemos acima, nossa discussãõ sobre o uso de modelos matemáticos nas ciências empíricas será feita a partir das ideias de Max Black.

No domínio da lógica formal, as teorias de modelos são hoje uma realizaçaõ reconhecida e de valor, tendo levado a cabo não apenas as ideias seminais de Kripke, no caso da semântica para sistemas modais, mas também de outros lógicos de fundamental importância nesse domínio, como Alfred Tarski. Este capítulo não pretende tratar dos grandes temas das teorias de modelos, coisa que está fora de seu escopo e fora do próprio escopo deste livro. Vamos apenas utilizar algumas das noçaõs centrais dessas teorias para, de um lado, mostrar o que uma teoria dos modelos científicos não pretende fazer e, de outro, o que ela *deve e pode* fazer. Ela não pretende ser um substituto menos formal para uma adequada teoria de modelos, mas pretende ser uma contribuiçaõ para o entendimento de um tipo de estrutura abstrata diferente daquelas estruturas de que tratam as teorias formais de modelos.

Os modelos semânticos – aqueles de que basicamente tratam as teorias de modelos – são procedimentos de interpretaçaõ para linguagens de primeira ordem e para linguagens modais no caso dos modelos de Kripke. Por isso eles são modelos meramente *representativos* (e não propriamente *interpretativos*), para utilizarmos os termos de Nancy Cartwright (1999a, p. 180s; 1999b, p. 241s). Os modelos científicos são modelos interpretativos num

sentido cientificamente mais importante. Em outras palavras, os modelos semânticos oferecem interpretações da linguagem na qual as teorias científicas e os modelos-réplica são comunicados. Esses, por sua vez, permitem interpretar a realidade, por assim dizer, e não a linguagem que dela fala. Por isso são interpretativos num sentido mais relevante do termo para fins científicos.

Uma vez que uma caracterização adequada e abrangente dos modelos científicos será dada apenas nos próximos capítulos, vale lembrarmos que as expressões que têm sido utilizadas aqui, como “modelos-réplica”, “modelos teóricos” e “modelos científicos”, se referem ao mesmo tipo de modelo ou estrutura. Neste capítulo, esse tipo de modelo é contrastado com os modelos semânticos (ou conjuntistas) e com os modelos matemáticos. A distinção entre modelos representativos e interpretativos, proposta por Cartwright, será discutida no capítulo 5, havendo, de fato, uma diferença entre esse nosso uso das expressões e o dela, como veremos.

Embora este livro não tenha caráter introdutório, vamos começar recapitulando as ideias centrais relacionadas com os modelos semânticos destinados à interpretação de linguagens de primeira ordem. Em seguida, vamos tratar dos modelos para a interpretação de linguagens modais, os chamados *modelos-padrão* ou *modelos de Kripke*, também denominados *modelos de mundos possíveis*. Retomando a ideia de Kripke de que os mundos possíveis são circunstâncias contrafactuais, vamos discutir essa concepção e confrontá-la com a das leis científicas como formas de expressão de possibilidades e de necessidades factuais, comparando a discussão de Kripke com a de Black sobre as modalidades. Pressupomos o conhecimento de lógica clássica elementar e de lógica modal alética, embora as partes expositivas deste capítulo não contenham muitos detalhes técnicos e formais.

1.1 Modelos para linguagens de primeira ordem

O que denominamos *modelos para linguagens de primeira ordem* são estruturas conjuntistas que permitem interpretar as sentenças formuladas em uma linguagem desse tipo, isto é, permitem atribuir valor de verdade às sentenças de tal linguagem. Tais estruturas conjuntistas consistem em uma coleção de objetos (o domínio ou universo do discurso), U , e de uma função interpretação, I , que dá nomes para os objetos de U e especifica a extensão dos predicados (propriedades dos objetos e relações entre eles), por meio de conjuntos de indivíduos e de conjuntos de pares ordenados, ternos ordenados etc. Para sentenças atômicas, a função interpretação atribui um valor veritativo (1 ou 0, V ou F etc.).¹

Desse modo, dada uma linguagem de primeira ordem, L , e um modelo $M = \langle U, I \rangle$ para ela, podemos determinar o valor veritativo de cada sentença de L . Isto é, intuitivamente falando, de cada sentença S de L , podemos saber se S é verdadeira ou falsa. Há exigências formais, como sabemos, que são decorrentes da teoria de conjuntos, sobre o domínio etc. Mas vamos deixar esses detalhes de lado, já que eles não são relevantes para a discussão que desejamos aqui empreender.

Esses modelos são extensionais, isto é, cada predicado (uma propriedade ou uma relação) de L é associado a conjuntos de indivíduos do domínio, ou pares ordenados desses indivíduos, ou ternos ordenados e assim por diante. Suponhamos um dialeto L'

¹ Para uma recapitulação das noções elementares da lógica clássica, podem-se consultar os livros introdutórios disponíveis, especialmente os capítulos sobre interpretações para as linguagens de primeira ordem e para sistemas modais. Para uma apresentação introdutória da lógica modal, cf. CHELLAS, 1980, em especial os capítulos 3 e 7, sobre modelos de Kripke para sistemas modais. Para uma discussão preliminar sobre a noção de modelo-réplica e sua relação com modelos semânticos, cf. DUTRA, 2020, cap. 4, e para a relação entre modelos científicos e leis, cf. o capítulo 5 da mesma obra.

de L , que contenha o termo “partícula” e a expressão “objeto de carga negativa”.² E suponhamos que, no domínio de determinado modelo M_1 , para L' , haja os indivíduos *próton* e *elétron*, nomeados pela função interpretação de M_1 da seguinte maneira: $I_1(p) = \textit{próton}$ e $I_1(e) = \textit{elétron}$. Suponhamos ainda que P e N sejam predicados de L' , que associamos ao termo “partícula” e à expressão “objeto de carga negativa”, e que $I_1(P) = \{\textit{próton}, \textit{elétron}\}$ e que $I_1(N) = \{\textit{elétron}\}$.

Esse exemplo elementar, semelhante a muitos que estão nos livros de lógica, deixa claro que, estritamente falando, nada mais sabemos sobre o significado de “partícula” e de “objeto de carga negativa” que os referentes *próton* e *elétron* no primeiro caso e *elétron* no segundo. O mesmo vale para a sentença “o *elétron* tem carga negativa” e, na lógica clássica, para “há partículas de carga negativa”. Como um modelo semântico ou conjuntista deste tipo só pode interpretar uma linguagem (formalizada) já dada, ele não pode contemplar a possibilidade de alterar a extensão dos predicados; e, logo, como sabemos, não pode contemplar nosso entendimento do sentido das expressões e sentenças daquela linguagem. Aquela estrutura conjuntista interpreta um dialeto formal já existente.

Em *Pragmática da investigação científica* (DUTRA, 2020, cap. 2), defendemos a concepção segundo a qual o significado *intensional* de uma expressão, pragmaticamente falando, consiste na possibilidade de alterar a extensão associada a tal expressão. Ou seja, o falante pode incluir ou excluir indivíduos dos conjuntos que definem extensionalmente os predicados de determinada linguagem, isto é, alterar a extensão do predicado. Isso só é possível em virtude do recurso que o falante faz a outro tipo de modelo, isto é, um modelo-réplica.

² De fato, podemos falar das funções proposicionais “ x é uma partícula” e “ x tem carga negativa”, respectivamente, que são satisfeitas, por exemplo, por determinados objetos, como *elétron*.

A limitação que constatamos acima para os modelos semânticos decorre, obviamente, de sua natureza e de sua capacidade de interpretar inteiramente uma linguagem formalizada L . Contudo, utilizamos nas ciências dialetos que derivam da linguagem ordinária, com o acréscimo de expressões de caráter técnico. Estas expressões, por sua vez, têm seu significado (intensional) determinado por modelos científicos (modelos-réplica ou teóricos). Obviamente, um dialeto científico para determinada área de investigação é muito mais rico do que qualquer linguagem formalizada de primeira ordem, mesmo que não consideremos as expressões modais. Mas as modalidades, por sua vez, também entram na consideração dos cientistas e as expressões modais também fazem parte dos dialetos científicos.

Suponhamos então que, em determinado momento do decorrer de um programa de pesquisa e do uso de um dialeto científico, possamos arregimentar pelo menos a parte mais fundamental desse dialeto e formular seus conceitos e afirmações em uma linguagem formalizada L^* . Esse dialeto contém expressões modais como “possível” e “necessário” e, como sabemos, ele também não pode receber um tratamento extensional do tipo daquele que os modelos semânticos para linguagens de primeira ordem providenciam para essas últimas.

A possibilidade de arregimentação (em larga escala) de que acabamos de falar é duvidosa e hoje vista com mais reservas do que nos inícios dos desenvolvimentos da lógica moderna; mas ainda continua a acalentar alguns projetos. De qualquer forma, para efeito de argumentação, suponhamos que haja um dialeto L^* (resultante de L , uma linguagem de primeira ordem) pelo acréscimo de expressões modais.

Voltando ao exemplo do modelo acima apresentado para o dialeto de primeira ordem L' de L , podemos dizer que L^* contém sentenças como: “não é possível haver elétrons que não possuam carga negativa” ou “os elétrons possuem necessariamente carga negativa”. O leitor que conhece o pensamento de Kripke (1996) a

respeito de espécies naturais pode reconhecer imediatamente a relação entre o significado de tais expressões modais e o tema das espécies naturais.³

1.2 Modelos de Kripke para a lógica modal

Seja então L^* o dialeto que resulta do acréscimo a L' de expressões correspondentes a “possível” e “necessário”, isto é, respectivamente, os operadores modais sentenciais \Diamond e \Box . Como sabemos, estes operadores modais podem ser antepostos a qualquer sentença S de L' , resultando em: $\Diamond S$ e $\Box S$, estas pertencentes a L^* . Entretanto, as condições de verdade de $\Diamond S$ e $\Box S$ são muito diferentes daquelas de S , como também se sabe. Uma semântica para a lógica modal alética – comparável àquela que, para linguagens de primeira ordem, é dada por estruturas conjuntistas como aquela que vimos antes – foi possível graças aos trabalhos de Kripke e às noções ligadas ao que hoje denominamos *modelos de Kripke* ou *modelos-padrão* para sistemas modais, os *modelos de mundos possíveis*.

Um modelo para L^* ou, mais especificamente, um modelo para sentenças modais é a seguinte estrutura: $M^* = \langle W, R, P \rangle$ na qual W é um conjunto de mundos possíveis, P é uma atribuição de mundos possíveis a sentenças atômicas (isto é, um subconjunto de W) e R é uma relação entre mundos possíveis. O ponto central aqui, para os efeitos de nossa discussão, é a forma como interpretamos a relação binária R entre mundos pertencentes a W . Em geral, a relação R entre dois mundos w_1 e w_2 , de W , é tomada como: w_1 é acessível a w_2 , ou w_1 é relevante para w_2 , ou w_1 é atingível desde w_2 etc.

³ No capítulo 7 de *Pragmática da investigação científica* (DUTRA, 2020) discutimos o tema das espécies naturais, comentando as teorias de Kripke e de Putnam e identificando as espécies naturais com modelos-réplica.

Dada a relação R entre dois mundos w_1 e w_2 pertencentes a W , podemos especificar as condições veritativas para quaisquer sentenças modais das formas $\Diamond S$ e $\Box S$ pertencentes a L^* . Por exemplo, podemos dizer que $\Diamond S$ é verdadeira em w_1 se S é verdadeira em algum mundo w_n acessível a w_1 (por exemplo, w_2). E podemos dizer que $\Box S$ é verdadeira em w_1 se S é verdadeira em todo mundo w_n acessível a w_1 . Suponhamos que apenas w_2 seja acessível a w_1 e que S seja verdadeira em w_2 . Neste caso, $\Box S$ é verdadeira em w_1 .

Dessa forma, não há problemas formais remanescentes para este tipo de modelo. Mas há ainda o problema discutido por alguns filósofos, entre eles o próprio Kripke, sobre a natureza dos mundos possíveis. Este não é um tema que afete os resultados formais da aplicação de modelos de Kripke a lógicas modais, mas afeta nossa compreensão da natureza desse tipo de estrutura que, do ponto de vista filosófico, pressupõe a noção de mundo possível.

A interpretação do próprio Kripke (1996, Pref., p. 15) é a de que um mundo possível é uma *situação contrafactual*, ou ainda: *um estado possível do mundo*. Segundo Kripke, os mundos possíveis em sua concepção não são nada parecido com planetas distantes, nem mundos existentes em outras dimensões – nada que possa ocasionar as discussões de alguns filósofos sobre a identificação transmundana ou através de mundos diferentes (*transworld identification*).⁴ Para Kripke, um mundo possível enquanto estado possível do mundo ou situação contrafactual é algo mais prosaico, que ele procura explicar da seguinte maneira:

Ora, ao fazermos exercícios escolares sobre probabilidade, de fato, ainda jovens, somos apresentados a um conjunto de (pequenos) “mundos possíveis”. Os trinta e seis estados possíveis

⁴ Alguns filósofos se notabilizaram por suas discussões a respeito de mundos possíveis, sendo o mais célebre deles David Lewis (cf., por exemplo, LEWIS, 1986).

dos [dois] dados são, literalmente, trinta e seis “mundos possíveis”, enquanto (de forma ficcional) ignorarmos tudo sobre o mundo exceto os dois dados e o que eles mostram (e ignorarmos o fato de que um deles ou ambos pudessem não existir). Apenas um desses minimundos – aquele correspondente ao modo como os dados se mostram – é o “mundo real”, mas os outros são de interesse quando perguntamos o quanto era (ou será) provável ou improvável o resultado real. [...] Mas quando falamos na escola de trinta e seis possibilidades, não estamos de forma alguma postulando que haja *outras* trinta e cinco entidades, existentes em alguma terra do faz de conta, e correspondendo ao objeto físico diante de nós. Nem precisamos perguntar se tais entidades fantasma são compostas de “correlatos” (fantasma) dos dados individuais reais, ou se, de alguma forma, são compostos dos próprios mesmos dados individuais, mas em “outra dimensão.” (KRIPKE, 1996, p. 16-17.)

Essa passagem, suficientemente clara, mostra que os mundos possíveis na concepção do próprio Kripke são apenas cursos alternativos de eventos no próprio mundo real. Assim, noções como aquelas que vimos acima (como a de um mundo ser acessível a outro, por exemplo), que são necessárias para que o aparato dos modelos-padrão para a lógica modal possa funcionar, não devem ser tomadas em nenhum sentido real. Isto é, a acessibilidade de um mundo a partir de outro é uma noção meramente formal e nada tem a ver com qualquer possibilidade real de, por exemplo, ter acesso a outras dimensões ou coisas do gênero.

Quando dizemos que, por exemplo, em determinado mundo w_2 acessível a w_1 uma sentença S é verdadeira e que por isso em w_1 $\diamond S$ é verdadeira, estamos fazendo o mesmo que dizer que com dois dados, A e B , há apenas uma possibilidade de resultar 6 a soma dos dois números apresentados por eles com ambos os dados apresentando o mesmo número (ou seja, ambos, A e B , apresentando o resultado 3 ao mesmo tempo). Nos dois exemplos trata-se apenas de estados possíveis do mundo.

1.3 Mundos possíveis como abstrações

Dois outros comentários de Kripke em seu prefácio a *Naming and Necessity* dão as linhas gerais de um adequado entendimento da noção de mundo possível. Primeiro, ele diz que não devemos nos esquecer de que o discurso sobre mundos possíveis pode sempre ser substituído pelo discurso modal, que é, obviamente, mais simples e direto (KRIPKE, 1996, p. 15). Segundo, ele diz que o exemplo elementar do uso dos dados para ensinar às crianças o cálculo de probabilidades é um “bom modelo” para toda a compreensão que devemos ter dos mundos possíveis (KRIPKE, 1996, p. 18-19). Trata-se da mesma passagem na qual ele diz que os mundos possíveis são *entidades abstratas*.

Assim, seguindo o primeiro comentário, em vez de dizermos que há um mundo possível no qual S é verdadeira (suponhamos que S seja: “Ambos os dados, A e B , dão o resultado 3”) e que por isso $\diamond S$ é verdadeira em outro mundo, acessível àquele no qual S é verdadeira, podemos simplesmente dizer: “É possível que os dados A e B apresentem ambos o resultado 3”. A ideia é simplesmente que, se os dados não forem viciados, um dos resultados possíveis será ambos mostrarem 3. É apenas isso que queremos dizer quando afirmamos que *há um mundo possível no qual ambos os dados apresentam o resultado 3*.

Assim compreendido é que o exemplo dos dados para ensinarmos probabilidade é *um bom modelo* para compreendermos a noção de mundo possível. Isto é, um mundo possível é apenas um dos estados possíveis do mundo. Mas a questão metafísica que tem sido colocada desde Aristóteles, e que filósofos como David Lewis retomam, é sobre o tipo de existência que possuiria um estado *meramente possível* – e *não realizado* – do mundo.

Para Kripke, esse problema é o mesmo de saber o que são para o cálculo de probabilidades os resultados possíveis de, por exemplo, jogar dois dados. As trinta e seis possibilidades, nesse caso, são o que os matemáticos denominam “espaço de amostra-

gem” (*sample space*). Essa é a noção à qual Kripke recorre ao dizer que os mundos possíveis são entidades abstratas. Ele diz:

Em princípio, não há nada de errado em tomar esses [os mundos possíveis], para propósitos filosóficos ou técnicos, como entidades (abstratas) – a simplicidade do análogo da escola elementar deveria aliviar qualquer ansiedade em relação a isso. (De fato, a noção geral de “espaço de amostragem”, que dá a base da teoria moderna de probabilidades, é apenas aquela de um espaço de mundos possíveis.) (KRIPKE, 1996, p. 19.)

Em outras palavras, um mundo possível não possui qualquer estatuto ontológico diferente daquele de outras entidades matemáticas, como o espaço de amostragem do qual se fala no cálculo de probabilidades. Dizer que esse tipo de entidade é *abstrata* significa simplesmente constatar que, além do estado do mundo que conhecemos (por exemplo, com os dados A e B dando ambos o resultado 3 quando os jogamos), haveria trinta e cinco outros estados que poderiam ter sido o caso, ou que poderão ser o caso se jogarmos de novo esses dados.

A sugestão de Kripke (1996, p. 20) é que se os filósofos aderirem às práticas comuns das crianças em idade escolar e dos matemáticos que se dedicam ao cálculo de probabilidades, então o problema do estatuto ontológico dos mundos possíveis não se colocará. Mais uma vez, diz ele, os mundos possíveis são estados possíveis do mundo, são situações contrafactuais ou *histórias* alternativas do mundo. Ou seja, um mundo possível é apenas um curso alternativo de eventos. Ele é abstrato porque não é o estado real do mundo.

De fato, a posição de Kripke é enfática quanto a tomar o problema do entendimento das expressões modais e de expressões como “mundos possíveis” e “situações contrafactuais” como um problema de linguagem ordinária, ou, mais precisamente, como formas alternativas de discurso. Ele reconhece que a noção de mundo possível é útil para explicar as modalidades e é isso o

que ocorre no uso dos modelos-padrão para a lógica modal, porque em nossa prática linguística a forma do discurso que emprega expressões modais veio antes. Mas, por outro lado, diz Kripke (1996, p. 19, n. 18), isso não significa que algum desses dois discursos alternativos seja prioritário em relação ao outro do ponto de vista cognitivo. Ele diz que quem não puder entender a ideia de possibilidade também não poderá entender a de mundo possível.

Ou seja, embora a história das discussões que empregam as noções modais e as noções de mundo possível e de situação contrafactual tenha colocado essas últimas noções em posição de explicar aquelas, o contrário também seria possível. E é isso, afinal, o que o próprio Kripke faz em seu prefácio ao *Naming and Necessity*. Para explicar a noção de mundo possível que encontramos na descrição dos modelos-padrão para a lógica modal, utilizamos o discurso comum que emprega as noções modais diretamente, em seu significado ordinário.

Entretanto, a introdução que o próprio Kripke faz da noção de espaço de amostragem e a comparação com as entidades matemáticas em geral acrescentam uma terceira forma do discurso que pode contribuir para esclarecer a questão dos mundos possíveis, embora não permita eliminar a circularidade em que, inevitavelmente, vamos cair ao empregar todas essas noções – as modais, as probabilísticas e a de mundo possível. Pois também podemos explicar o que é um espaço de amostragem dizendo que é uma coleção de mundos possíveis.

O que podemos acrescentar ao argumento de Kripke é que, em todos os casos, quem não puder entender a noção de abstração (ou de entidade abstrata) não poderá entender nenhuma dessas noções. Os modelos científicos em geral estão estreitamente relacionados à compreensão desse ponto. Quando ensinamos mecânica clássica a alguém, depois de apresentarmos noções como as de velocidade, aceleração, força, atrito etc., convidamos a pessoa a considerar, por exemplo, um plano inclinado no qual não haja atrito como um mundo possível, ou uma situação contrafac-

tual, ou ainda um estado possível etc. Ora, a pessoa deverá poder tomar todas estas coisas como abstrações, ou não entenderá o que é um modelo científico – o modelo do plano inclinado sem atrito, por exemplo. E se ela não puder entender um modelo como esse enquanto uma abstração, provavelmente não poderá entender nada da mecânica clássica, nem de qualquer outra teoria científica, pois todas são ensinadas e desenvolvidas através de modelos ou abstrações desse tipo.⁵

1.4 Modalidades e leis

Max Black termina o capítulo 7 de seu *Models and Metaphors* comentando que uma forma de superar a confusão que há na discussão metafísica sobre a realidade das possibilidades não realizadas consistiria em empreender uma pesquisa sobre como, de fato, utilizamos os termos “possível” e “possibilidade”, assim como seus cognatos (BLACK, 1981, p. 151-152). Essa pesquisa, ainda não realizada inteiramente, conta com sua contribuição e, mais importante, com a de Wittgenstein nas *Investigações filosóficas* (WITTGENSTEIN, 2001, seção 194), citado por Black, e que diz: “Supõe-se que a possibilidade de um movimento seja, antes, algo como uma sombra do próprio movimento”.

Wittgenstein está se referindo nessa passagem aos movimentos possíveis de uma máquina e, em seu capítulo 7, Black fala dos movimentos possíveis em um jogo de xadrez como possibili-

⁵ Entretanto, a discussão sobre o caráter abstrato (ou idealizado) dos modelos precisa ir mais longe, uma vez que envolve outros aspectos filosoficamente relevantes. Reservamos tal discussão mais abrangente para o capítulo 8. Não se trata apenas de alguém poder entender o que é uma situação contrafactual, mas também de que tal situação também pode, em algum sentido filosoficamente defensável, ser considerada *real*. Mas um modelo ou situação contrafactual não pode, obviamente, existir (e ser real) no mesmo sentido em que dizemos que a situação *factual* (ou efetiva) existe e é real.

dades não realizadas do jogo. Esses movimentos são *possíveis* no jogo porque estariam de acordo com suas regras. Os movimentos *possíveis* de uma máquina são aqueles que estão de acordo com as leis da natureza (e de acordo com a estrutura física da máquina, obviamente). O próprio Black correlaciona as regras (de um jogo) com as leis (da natureza). Ele diz:

Uma forma de escapar [da dificuldade] reside na alegação de que o discurso sobre possibilidades é simplesmente supérfluo. Se a suposta existência de movimentos possíveis *se segue* das regras do xadrez e da descrição da configuração das peças (ou, no caso de possibilidades empíricas, das leis da natureza e das “condições iniciais”), não poderíamos deixar de falar de forma alguma de “possibilidades”? Talvez o discurso sobre elas seja simplesmente uma forma indireta de falar sobre as regras e a configuração [das peças], sendo que ambas essas coisas podem ser tomadas como “reais”. E talvez o discurso sobre possibilidades empíricas seja meramente uma forma mais complicada de falar sobre fatos de observação e sobre as leis da natureza. (BLACK, 1981, p. 149.)

A relação entre o discurso modal e aquele sobre leis da natureza é óbvia: o que é *possível* é aquilo que está de acordo com as leis da natureza; o que é *impossível* é o que contraria tais leis. Do mesmo modo, os movimentos possíveis num jogo qualquer são aqueles que estão de acordo com as regras do jogo; os movimentos impossíveis são aqueles que contrariam tais regras, aquilo que é proibido por elas.

Contudo, em relação às leis da natureza, há ainda uma controvérsia filosófica que entra em cena aqui. Se a ordem natural, segundo leis, é tomada de forma determinista, enfatiza Black (1981, p. 149), então as *possibilidades não realizadas* são mera expressão de nossa ignorância, isto é, do fato de que não conhecemos *todas* as leis da natureza, ou as conhecemos de forma imperfeita. Pois, segundo os deterministas, se todas as leis da natureza forem conhecidas, então compreenderemos que aquilo que acontece, na

verdade, *deve acontecer*. Ou seja, o que é real é também necessário. Mas é claro que, de um ponto de vista não determinista, de um ponto de vista que admita, por exemplo, leis probabilísticas, voltamos à noção comum de possibilidade como um estado do mundo entre outros (estados possíveis). E, assim, permanece a dúvida sobre o estatuto ontológico das possibilidades não realizadas.

Outro ponto em comum entre as análises de Kripke e de Black a respeito do discurso modal é a concepção segundo a qual as possibilidades não realizadas são identificadas com entidades matemáticas, como números e figuras geométricas, aquelas entidades que Black denomina “ideais” (BLACK, 1981, p. 141 e 144). Obviamente, nesse caso, o que Black entende pelo termo “ideal” é aparentemente o mesmo que Kripke entende pelo termo “abstrato”.

Por fim, suas análises também coincidem quanto ao tipo de realidade que os estados possíveis do mundo teriam. Os estados não realizados não são entidades fantasmagóricas. Não é o caso, diz Black, de que realizar uma possibilidade seja como escolher uma carta de baralho, estando todas as outras cartas em preto e branco, por exemplo, e, ao ser escolhida, aquela carta tomada se tornar colorida e, por assim dizer, ganhar *mais* realidade ou se tornar *inteiramente* real (BLACK, 1981, p. 146).

Entretanto, o que essa discussão de Black sobre as modalidades possui de interessante – ponto que não é mencionado por Kripke, mas que mencionamos acima nesta seção – é que *o possível é o que está de acordo com leis ou regras*. Se estivermos falando das regras de um jogo ou das leis de um país (que também são regras estipuladas tácita ou explicitamente para regulamentar o convívio social), então poderemos imaginar que o que é *impossível* pode também se tornar *possível* mediante a mudança das regras. (O resultado prático de terminar isso em um jogo ou em uma sociedade autossustentáveis é outra questão, que não vem ao caso aqui.) Mas no caso das supostas leis da natureza, mesmo de acordo com uma concepção não determinista, há situações impossíveis *irredutíveis*.

Cognitivamente falando então, uma forma de compreender o que é possível consiste em contrastá-lo com o que é impossível. Mas isso não requer nenhuma concepção metafísica onerosa ou suspeita. Consideremos o caso dos dois dados jogados, caso que abre trinta e seis possibilidades de resultado. Aqui, é impossível haver um trigésimo sétimo resultado. Além disso, também é impossível que a soma dos valores mostrados pelos dois dados seja maior que 12. Ora, o que é possível ou impossível resulta simplesmente da natureza das coisas – o termo “natureza” sendo tomado aqui no sentido mais ordinário possível da experiência comum. Não há dados (segundo o modelo-padrão de dado) que possuam mais de seis lados, que tenham seus lados numerados de outra forma diferente de: um, dois, três, quatro, cinco e seis, que, se não forem viciados (isto é, estando bem balanceados do ponto de vista da mecânica clássica), não vão exibir aleatoriamente qualquer um desses valores e assim por diante.

Analisado o problema dessa forma, o que é necessário, por sua vez, *ceteris paribus*, resulta na classe de todas as alternativas possíveis de jogar os dois dados, isto é, os trinta e seis estados possíveis desse sistema físico. O que é necessário, em primeiro lugar, resulta da eliminação do que é impossível, portanto. Mas isso, no caso dos jogos (de dados, de xadrez etc.) e de estados do mundo em geral, é ainda uma classe maior ou menor de resultados ou de possibilidades. Quando uma delas se dá, falamos dela como *real* e das outras, as não realizadas, como situações contrafactuais – *contra os fatos*, justamente.

Ora, o que temos aqui é, mais exatamente, um *modelo matemático* para as modalidades. Esse modelo é matemático no sentido estrito de apontar uma entidade matemática – nesse caso, uma *classe* de possibilidades – como uma coisa ou um estado de coisas com o qual podemos comparar aquilo que desejamos compreender. Ou seja, as possibilidades de que temos falado até aqui são, nesse caso, elementos de uma classe, a saber, a classe dos estados possíveis de um sistema.

Há duas formas de especificar tal classe, uma extensional (como fizemos com os dois dados), outra intensional, como fazemos quando enunciamos uma fórmula ou função matemática que, tomando determinados valores, gera outros valores, resultando, assim, numa classe (de estados ou de resultados). É isso que, em geral, os cientistas fazem quando enunciam leis.

Essa é uma forma de compreender as modalidades que não é sugerida por nenhum dos autores acima mencionados, mas que podemos tomar a sério, dependendo de como podemos compreender as classes e outras entidades matemáticas. A noção que essa concepção evoca – e que já é discutida na literatura – é a de modelo matemático.

Como veremos adiante, embora os modelos semânticos (os modelos para linguagens de primeira ordem e os modelos para sistemas modais) dos quais falamos antes sejam muitas vezes denominados também “modelos matemáticos” (e, às vezes, também “metamatemáticos”), o que entendemos aqui pela expressão “modelo matemático” é diferente e diz respeito ao uso exclusivo de entidades matemáticas, como veremos na próxima seção.

1.5 Modelos matemáticos

Em seu mesmo livro já citado Black discute o papel dos modelos matemáticos nas ciências, inclusive nas ciências sociais, caracterizando-os da seguinte maneira: segundo ele, por *modelo*, nesse sentido, se compreende um tratamento matemático da teoria (e, logo, um substituto dela), em que o campo original (da teoria) é concebido como algo “projetado” sobre um domínio abstrato de entidades matemáticas, como conjuntos, funções etc. (BLACK, 1981, p. 223). Nesse caso, diz ainda Black, o modelo em questão é tomado como algo *mais simples e mais abstrato* que o (objeto ou sistema) original.

Há também, contudo, concepções metafísicas que podem aqui interferir, diz Black. Pois o modelo pode ser concebido como

um análogo mais etéreo que o sistema original, ou então, no caso de teorias sociais, pensa-se que “as equações matemáticas se referem a um mecanismo invisível cujo funcionamento ilustra ou mesmo explica parcialmente o funcionamento do sistema social original sob investigação” (BLACK, 1981, p. 223-224).⁶

Fora tais concepções míticas que não precisam ser tomadas a sério, há um procedimento padrão do uso de modelos matemáticos, procedimento que Black procura caracterizar, especificando seis passos ou operações, que são os seguintes:⁷

1. Identificam-se determinadas variáveis relevantes no domínio de pesquisa original, em geral, por meio de considerações teóricas.
2. Elaboram-se hipóteses a respeito de relações entre as variáveis escolhidas.
3. São feitas simplificações (muitas vezes drásticas) para facilitar a manipulação das variáveis e a formulação matemática.
4. As equações matemáticas resultantes são resolvidas (ou tenta-se fazer isso). Se isso falhar, estudam-se os aspectos globais dos sistemas matemáticos assim constituídos.
5. Há um esforço de extrapolar as consequências testáveis resultantes para o campo original de investigação. E finalmente:
6. Remover algumas das restrições originalmente impostas às hipóteses levantadas pode levar a um aumento da generalidade da teoria.

A vantagem desse procedimento, diz ainda Black, é que podemos introduzir a análise matemática em algum domínio de

⁶ Nossas discussões nos capítulos 8 e 10 deste livro vão mostrar que os modelos empregados nas ciências humanas, embora mantenham o caráter abstrato das entidades, nada possuem de etéreo ou misterioso.

⁷ Cf. BLACK, 1981, p. 224-225.

investigação, considerando que lidar com cálculos matemáticos é mais fácil do que lidar com os sistemas concretos investigados. Além disso, enfatiza Black, embora as explicações causais devam ser buscadas em outra parte, a matemática fornece a *forma* da explicação, mostrando quais são os tipos de funções que se ajustariam aos dados empíricos (BLACK, 1981, p. 225). O *conteúdo*, por assim dizer, dessas explicações será dado por aqueles modelos que Black denomina “teóricos”, que serão objeto de análise nos próximos capítulos (os modelos-réplica).

Como podemos ver, a ideia de Black a respeito dos modelos matemáticos é relativamente simples. Um modelo matemático é uma abstração que coincide com determinados recursos matemáticos (entidades matemáticas). Por exemplo, ao tomarmos algumas variáveis identificadas no sistema original sob investigação, relacionamos essas variáveis, *tentativamente*, por comparação com determinadas funções matemáticas. É desse modo que podemos, na mecânica, por exemplo, obter expressões matemáticas de leis, tal como “ $F = ma$ ”. Isso significa que levantamos a hipótese de que a força que atua sobre um corpo é uma magnitude que se relaciona com outras (massa e aceleração) na forma de uma função linear.

Dois aspectos precisam ser enfatizados a respeito desses modelos matemáticos. O primeiro é que, quando o procedimento é bem-sucedido, presumimos que uma lei da natureza foi encontrada, lei essa que é expressa na forma mais simples de uma equação matemática ou de uma função matemática. E embora os resultados *reais* de medições não correspondem exatamente à função matemática, mas isso é atribuído ao fato de que há interferências de variáveis desconhecidas ou desconsideradas e de que, numa circunstância idealizada, os valores medidos seriam exatamente aqueles da função ou aqueles que resolvem a equação dada.

O segundo aspecto, que imediatamente se torna óbvio pelo comentário acima, é que os modelos matemáticos podem ser obtidos apenas mediante o uso (ainda que implícito) de modelos teóricos. Isto é, a escolha da função matemática pode ser feita

apenas comparando o resultado de uma escolha de variáveis com as funções matemáticas conhecidas. Essa escolha e a estipulação das relações entre as variáveis escolhidas são feitas com base em um *modelo aproximado* daquela situação estudada. Ora, tal modelo não é de nenhum tipo que já tenhamos discutido até aqui. Ele não é, obviamente, um modelo matemático, pois é o que permite a elaboração do modelo matemático. E também não é, obviamente, um modelo semântico. Ou seja, o *modelo aproximado* necessário para a elaboração de um modelo matemático é um modelo teórico, o tipo de modelo que denominamos *modelo-réplica* e que é o tema principal deste livro.

Isto mostra como os modelos teóricos (científicos ou modelos-réplica) possuem precedência sobre os outros tipos de modelos quando consideramos a pragmática da investigação. Eles têm necessariamente que vir antes dos outros tipos de modelos, como ficou claro em relação aos modelos matemáticos. Em outras palavras, um modelo matemático é apenas uma forma econômica (e simplificada) de apresentar, em linguagem matemática, um modelo teórico. E, portanto, o modelo matemático é um modelo do modelo teórico.

Os modelos teóricos também são prioritários em relação aos modelos semânticos, dos quais as primeiras seções deste capítulo trataram. Em primeiro lugar, um modelo para uma linguagem de primeira ordem é uma situação ou mundo possível, no qual existem determinados indivíduos (aqueles que estão no domínio do modelo), cujas propriedades e relações são especificadas pela função interpretação. Ora, considerados os mesmos indivíduos e suas propriedades e relações, o que o modelo semântico para uma linguagem de primeira ordem nos dá é uma entre diversas possibilidades. Aquelas possibilidades que não são escolhidas e apresentadas no modelo são possibilidades não realizadas.

Contudo, como vimos na seção anterior, tais possibilidades não realizadas constituem uma classe – uma entidade matemática. Elas são, portanto, elementos de uma entidade abstrata.

Mas o que possibilita interpretar o discurso modal dessa forma é uma espécie de modelo não propriamente do mundo, mas da linguagem modal que utilizamos para falar de uma parte do mundo. Logo, o que fizemos foi elaborar um modelo matemático desse discurso. Tal modelo matemático, se estão corretas as considerações que acabamos de fazer sobre a relação entre modelos teóricos e modelos matemáticos, só pôde ser apresentado graças à contribuição de um modelo teórico. Nesse caso, trata-se de um modelo da pragmática do discurso modal, que resulta das considerações que fizemos antes, neste capítulo, com base nas discussões de Kripke e de Black sobre as modalidades.

Essa forma de compreender o papel dos modelos semânticos e dos modelos matemáticos em relação ao papel desempenhado em todos os domínios de pesquisa pelos modelos-réplica (ou teóricos) é relevante também para as discussões metafísicas que sempre se avizinham não apenas das discussões sobre o discurso modal, mas também dos discursos sobre entidades abstratas ou teóricas em geral. Não há nenhum problema ontológico especial – no sentido de uma concepção misteriosa – a respeito das entidades abstratas de que estamos falando, sejam elas entidades matemáticas, sejam entidades linguísticas, sejam ainda entidades teóricas, como os modelos científicos. Em todos esses casos, estamos lidando com modelos teóricos do discurso científico. Tais modelos mais fundamentais encontrados na pragmática da investigação às vezes nos conduzem a modelos semânticos e a modelos matemáticos. Mas muitas vezes não. E mesmo aí a investigação continua, pois os modelos teóricos estão sempre à nossa disposição, mesmo quando os modelos semânticos e matemáticos não podem ser formulados, sob pena de introduzir simplificações demasiado drásticas em algum domínio de pesquisa, tal como é o caso muitas vezes nas atuais ciências humanas ou sociais, inclusive a psicologia.

Entretanto, como já foi mencionado, o problema do estatuto ontológico de estruturas abstratas em geral (entre elas, as

entidades matemáticas e os modelos científicos) ainda requer uma discussão mais pormenorizada, o que faremos no capítulo 8. Essas entidades ou estruturas abstratas são reais, mas em nenhum sentido misterioso, ainda que elas não possam existir da mesma forma que corpos materiais. E, por outro lado, elas também não existem como *ideias* ou *conceitos* em nossas mentes, embora, obviamente, sem isso elas também não possam existir. A noção paradigmática de entidade abstrata, para adiantarmos um dos pontos fundamentais a serem discutidos no capítulo 8, é a noção de instituição.

Uma instituição não pode existir sem nossas contribuições *conceituais*, digamos, e *comportamentais*. Mas ela não se reduz a isso. E, por outro lado, as instituições também não são estruturas localizadas no espaço e no tempo, embora, em certo sentido, elas sejam localizáveis temporalmente, uma vez que podemos apontar o início e o fim de uma instituição. Mas o tempo não conta para uma instituição como pode contar para um sistema físico (nem no sentido material, nem no sentido conceitual da física), como discutiremos também no capítulo 8. E apesar de tudo isso não podemos dizer que as instituições não existem, que não são reais. Elas são entidades abstratas – mas reais –, assim como os modelos científicos.

Uma evidência disso é que em ambos os casos nosso comportamento é afetado. Os modelos científicos, como veremos no capítulo 9, afetam o comportamento dos cientistas, as instituições, o comportamento de todos nós, como também discutiremos no capítulo 10. E, a nosso ver, a explicação para isso ultrapassa o fato de que, para que sejamos afetados por tais abstrações, tenhamos que nelas *pensar*, como sugerem aqueles que optam por uma abordagem cognitivista, sendo um desses casos o de Ronald Giere, cuja concepção cognitivista de modelo veremos no capítulo 5.

Analogias e metáforas

A atividade de modelar é uma atividade de comparar sistemas ou estruturas. Para isso, ela envolve o emprego de analogias e metáforas. Essa atividade nos revela as funções representativa e interpretativa dos modelos, funções que estão justamente ligadas às analogias e às metáforas. Dois dos autores hoje considerados clássicos sobre esses temas são Max Black e Mary Hesse.

Neste capítulo vamos discutir suas ideias, começando pela concepção alternativa da metáfora apresentada por Black, por ele denominada *concepção interativa*. Trata-se de uma concepção alternativa à concepção tradicional ou padrão, que Black denomina concepção *substitucional*, concepção que possui como um de seus casos particulares a visão *comparativa* da metáfora. Para bem compreendermos a posição de Black, é importante considerarmos antes o problema da assimetria entre modelo e estrutura modelada, que é o ponto principal a ser discutido neste capítulo.¹

Discutiremos também a posição de Hesse e a avaliação que ela faz da oposição entre as concepções de Pierre Duhem e de Norman Campbell a respeito do uso de modelos, um debate que se tornou clássico na filosofia da ciência. Além de examinarmos a exposição feita pela própria Hesse das posições de Duhem e de Campbell, vamos discutir diretamente os textos desses dois autores.

2.1 O problema da assimetria

A ideia central da concepção defendida por Black é que podemos reverter uma metáfora. Por exemplo, se dissermos que o

¹ Sobre o tema das concepções de metáfora e de linguagem implicada por ela, cf. DUTRA, 2006a e 2017b, cap. 5.

homem é um lobo, isso nos ajudará a compreender a natureza humana com base no que sabemos da natureza dos lobos. Mas, segundo Black, isso também altera o que pensamos dos lobos, de forma a nos permitir compreender melhor os lobos com base no que sabemos sobre os homens.

Essa concepção interativa da metáfora de Black, cujos detalhes veremos adiante neste capítulo, é certamente interessante e enriquecedora para o entendimento da linguagem de um ponto de vista pragmático. Ela envolve a questão da demarcação entre significação literal e não literal das expressões de uma língua, como também comentaremos adiante. Mas para nós, neste livro, mais particularmente, o mais importante é perguntar o seguinte: em que medida é possível aplicar a ideia de reversão da metáfora à compreensão dos modelos científicos?

As analogias que fazemos no uso das metáforas são semelhantes àquelas que fazemos ao comparar dois sistemas, um dos quais é tomado por nós como modelo do outro. Segundo a concepção padrão dos modelos, aquela esposada pelos filósofos da ciência em geral e explicitada, por exemplo, pelo próprio Black (1981, p. 220) quando esse autor comenta os modelos em escala, um modelo pode representar outro na medida em que *desconsidera* alguns aspectos do original. Outros autores, como Suppe (1989, p. 83), falam das *abstrações* que fazemos ao elaborar um modelo (ou seja, da *desconsideração* de determinados aspectos da estrutura original) em relação aos próprios modelos teóricos e não apenas em relação aos modelos icônicos (dos quais o modelo em escala é um caso particular).

Nesse caso, a questão anteriormente levantada seria recolocada da seguinte maneira: se um modelo desconsidera determinados aspectos da estrutura original, como poderíamos então, seguindo a ideia de interatividade de Black, a partir da estrutura original, compreender melhor o próprio modelo? Em analogia com o caso homem-lobo, podemos então perguntar: em que medida o conhecimento, por exemplo, de um plano inclinado con-

creto (feito de uma prancha de madeira, um tijolo sobre o qual ela se apoia e um cubo que fazemos deslizar sobre a prancha) ajudaria a compreender melhor o comportamento do plano inclinado ideal? Em outras palavras, é o plano inclinado ideal que nos parece poder explicar o comportamento do sistema prancha-tijolo-cubo, e não o contrário – assim como, para o senso comum, é o lobo que parece explicar determinados aspectos do comportamento humano, e não o contrário. Esse é o problema da *assimetria* entre modelo e estrutura modelada.

Na verdade, esse problema da assimetria entre modelo e estrutura modelada é basicamente o mesmo da assimetria da explicação (cf. DUTRA, 2006a). Por exemplo, a altura de um poste explica o tamanho de sua sombra projetada no chão, mas, normalmente, não o contrário. Esse problema é examinado também por diversos filósofos da ciência, como van Fraassen e Achinstein (cf. VAN FRAASSEN, 1980, 2007 e ACHINSTEIN, 1983). Outros filósofos que levam em consideração esse problema são Kuhn e Hanson (cf. KUHN, 1970, 1987 e HANSON, 1980), encaminhando uma solução de caráter pragmático, similar àquela que pretendemos dar neste capítulo para o problema da assimetria em relação aos modelos científicos. O emprego aqui da expressão “estrutura modelada” não deve causar confusão e significa apenas aquela estrutura com a qual se compara outra, sendo essa segunda utilizada como *modelo* da primeira. *Modelo* e *estrutura modelada*, nesse sentido, são, obviamente, conceitos relativos. Em outro sentido podemos também falar de uma *estrutura modelada*, isto é, no sentido de conceber um modelo, de inventar ou modificar uma estrutura. Nesse caso, a ênfase é dada à ação de *modelar*, e não à ação de *comparar*, que é o primeiro caso.

O mesmo problema é retomado por Mary Hesse, como veremos adiante. Ao distinguir entre as analogias *positiva*, *neutra* e *negativa*, essa autora assume a mesma concepção comum antes mencionada. A analogia positiva, segundo Hesse, são os aspectos nos quais dois sistemas comparados são semelhantes. Considere-

mos, por exemplo, a comparação entre um gás em um recipiente e as bolas de bilhar sobre uma mesa.² Aos dois sistemas atribuímos choques elásticos. No caso das moléculas do gás, os choques delas com as paredes do recipiente; no caso das bolas de bilhar, dessas com as paredes da mesa de bilhar. A analogia neutra é exatamente o que devemos explorar, pois ela nos ajudará a ampliar nosso conhecimento do sistema modelado (o gás). Trata-se dos aspectos nos quais não sabemos se os dois sistemas comparados são semelhantes ou não. A atividade de modelar (no sentido de comparar dois sistemas ou de conceber um sistema para compará-lo com outro) destina-se exatamente a explorar esse aspecto. Por fim, a analogia negativa, segundo Hesse, são aqueles aspectos nos quais já sabemos que os sistemas comparados são diferentes. Por exemplo, as bolas de bilhar são coloridas, as moléculas do gás não. Os sistemas não podem ser comparados a este respeito.

Ora, a analogia negativa de que fala Hesse expressa exatamente a ideia de assimetria entre os dois sistemas comparados. A ideia é que já partimos do pressuposto de que o modelo não permite explorar determinados aspectos da estrutura modelada. O modelo é mais limitado do que a estrutura original, uma vez que resulta, tal como a concepção comum pressupõe, da abstração de certas propriedades da estrutura original. Mas, nesse caso, poderíamos ainda perguntar o seguinte: se as bolas sobre uma mesa de bilhar nos ajudam a compreender o comportamento de um gás em um recipiente, por que o comportamento desse último não poderia nos ajudar a compreender o comportamento das bolas de bilhar? A resposta a essa questão nos parece ter de ser negativa porque o pressuposto comum é exatamente que o uso de uma estrutura como modelo de outra é possível porque a estrutura tomada como modelo, em algum aspecto, é mais conhecida que a outra, que desejamos conhecer melhor. O pressuposto no caso do exemplo dado é que sabemos mais sobre os choques das bolas de

² O exemplo é por Hesse tomado de Campbell. Cf. HESSE, 1966, p. 8.

bilhar com as paredes da mesa do que dos choques das moléculas do gás com as paredes do recipiente.

Contudo, outro exemplo parece poder permitir uma compreensão diferente do assunto. Quando, para compreender melhor o comportamento da corrente elétrica em cabos (de metal, por exemplo), se fez a comparação com o comportamento de líquidos em um sistema de canalização, o que se pressupunha era que já sabíamos mais sobre o comportamento dos líquidos fluindo por canos do que sobre o comportamento da corrente elétrica *fluindo* por cabos de metal. Ao dizer que a corrente elétrica “fluía” pelos cabos, o físico estava certamente utilizando uma metáfora. Mas isso não implica que jamais o comportamento da eletricidade possa ajudar a compreender melhor o comportamento dos líquidos. Pois tal possibilidade depende dos avanços nos diversos programas de pesquisa sobre cada um desses tipos de fenômenos físicos.

Está relacionada com esse último ponto a polêmica de Pierre Duhem com os físicos ingleses, polêmica recapitulada por Hesse no primeiro capítulo de seu livro na forma de um diálogo entre um adepto das ideias de Campbell e um adepto das ideias de Duhem.³ Antes de Campbell, contudo, cuja obra tomada como referência por Hesse data de 1920 (cf. CAMPBELL, 1920), foram Lord Kelvin e James Clerk Maxwell que defenderam as ideias criticadas por Duhem.⁴ O ponto visado por Duhem, e que discutiremos um pouco mais abaixo neste capítulo, é a ideia de William Thomson e J. C. Maxwell, retomada mais tarde por Campbell, de que os modelos mecânicos ajudariam na compreensão de estruturas físicas de outro tipo, como, por exemplo, aquelas que exibem fenômenos eletromagnéticos. Como a teoria mecânica era mais

³ Cf. HESSE, 1966, p. 7-56, no capítulo intitulado *The Function of Models: A Dialogue*.

⁴ Cf. DUHEM, 2007, cap. 4 de sua obra *La théorie physique, son objet, sa structure*.

desenvolvida e, supostamente, os fenômenos mecânicos mais conhecidos, era natural, pensavam Lord Kelvin, Maxwell e, depois, Campbell, entre outros, que os modelos mecânicos fossem pelo menos o ponto de partida para desenvolvermos o conhecimento em outras áreas da física.

Voltando à questão da simetria entre os sistemas comparados, de fato, a atividade de modelar deve partir, em cada caso, de uma pressuposição de assimetria. Mas isso não significa que, em princípio, essa assimetria não possa ser ou invertida, ou desfeita, resultando em simetria. O caso da assimetria desfeita, em que os dois sistemas a serem comparados seriam considerados igualmente esclarecedores ou não um a respeito do outro, sugeriria que cada um dos sistemas é um candidato ruim para ser modelo do outro. Procuraríamos então, mais uma vez, casos de assimetria.

Entretanto, o caso da assimetria invertida é o que, se possível, tornaria aplicável a ideia de Black de reversão da metáfora ao caso da comparação entre determinadas estruturas e poderia então contribuir para uma melhor compreensão da atividade de modelar. Em outras palavras, de um ponto de vista pragmático, o princípio de assimetria deve ser mantido, desde que interpretado corretamente, isto é, desde que tenhamos claro que a assimetria é contextual e que não se aplica de uma vez por todas aos objetos, sistemas ou estruturas postos em relação pela atividade de modelar. Voltando ao caso da assimetria da explicação, vale lembrarmos que van Fraassen (1980, 2007, cap. 5) desenvolve uma teoria da explicação científica de caráter também pragmático, sustentando que um evento explica outro dependendo do contexto e da teoria que é adotada para interpretar tais eventos. Nossa solução neste capítulo para o problema da assimetria entre modelo e estrutura modelada é semelhante, como desenvolveremos adiante.

Esse problema está relacionado com as funções representativa e interpretativa dos modelos. Um modelo é uma representação de outro sistema, mas é uma representação *interpretada*. A

atividade de modelar compara dois sistemas escolhendo determinados aspectos de ambos esses sistemas. A ideia de assimetria pressupõe também – ingenuamente – que haveria semelhanças *naturais* ou *óbvias* entre os dois sistemas postos em relação pela atividade de modelar. Ora, um sistema pode representar outro apenas depois que determinada interpretação (no sentido usual desse termo) permite escolher os aspectos nos quais tais sistemas serão comparados. É para uma compreensão mais clara desse ponto que as discussões deste capítulo devem contribuir. Veremos como uma ideia semelhante já se encontra em Campbell, embora com uma formulação um pouco diferente.

Além disso, é preciso lembrar que estamos tratando de uma atividade – a de comparar duas estruturas. Utilizar uma metáfora, como ao dizer “o homem é um lobo”, ou indicar a analogia entre determinados aspectos de dois sistemas, essas são, obviamente, ações exercidas por determinados indivíduos. Em função de suas concepções e do conhecimento que têm do mundo, eles é que utilizam uma estrutura como *mapa* ou *guia* para a outra, naquele sentido de Russell, como mencionamos na Introdução. Quando uma pessoa desenha um mapa para indicar um caminho para outra, ela escolhe e destaca no território mapeado determinados pontos que considera salientes. Ao fazer isso, ela está também comparando as duas estruturas: o mapa que desenhou e o próprio território mapeado. Ao tomar estruturas que já são dadas, a comparação não é de outra natureza. Em todos os casos, o uso de uma estrutura como representação da outra pressupõe determinada interpretação e a atividade investigativa do sujeito que faz a modelagem.

Os modelos que são utilizados ou evocados nessa atividade investigativa não são necessariamente estruturas abstratas. Por exemplo, ao comparar as bolas em uma mesa de bilhar com as moléculas de um gás em um recipiente, estamos falando de sistemas físicos ou materiais no sentido usual, isto é, de configurações de objetos materiais em determinadas relações. Mas, essencial-

mente, isso não é diferente de comparar o gás real (suponhamos, um mol de oxigênio em uma garrafa) com o modelo idealizado de gás, assim como não é diferente de comparar o sistema prancha-tijolo-cubo com o plano inclinado ideal. Em outras palavras, a modelagem não precisa recorrer necessariamente a modelos científicos bem elaborados a partir de teorias científicas. A atividade de modelar pode ser simplesmente a comparação de dois sistemas conhecidos e dados na experiência comum. Assim sendo, esse tipo de comparação é essencialmente o mesmo que fazemos quando utilizamos uma metáfora para descrever uma situação por meio da comparação com outra – supostamente – mais conhecida (pelo menos em algum de seus aspectos).

2.2 A concepção interativa da metáfora

A metáfora é um tropo ou uso figurativo de um termo aplicado fora de seu domínio usual, como quando dizemos, por exemplo: “João é um rato”. Embora não seja necessário apelarmos para palavras mais técnicas, de qualquer modo, o que fazemos ao utilizar uma metáfora é empregar incorretamente uma função sentencial, como, por exemplo, “ x é um rato”; ou seja, desconsideramos a extensão do predicado “rato” que é pressuposta pelos falantes da língua em questão, e substituímos a variável na função sentencial por um nome que não está na extensão do predicado. Contudo, essa violação de uma regra semântica, digamos assim – ou, como se diz correntemente em filosofia, a violação da *gramática* do termo –, é um recurso não apenas expressivo, mas também cognitivo.

Alterar a extensão de um predicado é legítimo em diversas circunstâncias, por exemplo na descoberta de um novo membro da classe que define o predicado de uma espécie (ou gênero) natural, como quando dizemos que as baleias não são peixes mas mamíferos, ou então que os “cisnes negros” também são cisnes (de verdade), isto é, da mesma espécie já conhecida (dos cisnes bran-

cos). Com respeito ao exemplo do parágrafo anterior, obviamente, se João é um ser humano, ele não pode passar a pertencer à classe que define “rato”. Portanto, o uso de uma metáfora não é a alteração da extensão de um termo, pelo menos inicialmente.⁵

Ao contrário, segundo Black (1981, p. 33), a metáfora entendida dessa forma – como quando dizemos que João é um *rato* – é um tipo de catacrese, isto é, o emprego figurado de um termo por falta de termo próprio, como quando falamos das *pernas* de uma mesa ou dos *braços* de uma poltrona. Assim como pernas e braços são partes do corpo humano, não podendo mesas e poltronas possuir pernas e braços, literalmente falando, do mesmo modo, João não é um indivíduo daquela espécie de roedor a que se refere o termo “rato” usualmente. Mas, assim como certas partes de certas mesas e poltronas nos fazem lembrar, seja por sua função, seja por seu aspecto material, pernas e braços humanos, o comportamento de João (mas poderia também ser algum traço fisionômico seu) nos faz lembrar o dos ratos – e por isso utilizamos essa figura de linguagem.

Dessa forma, em primeiro lugar, como o próprio Black aponta em seu texto (1981, cap. 3), há a pressuposição de que existe uma significação própria ou literal dos termos que é desconsiderada no uso da metáfora. Ou seja, há uma regra semântica que é violada. Em outras palavras, a denotação ou sentido denotativo de um termo é deixado de lado, e apelamos para determinada conotação ou sentido conotativo que, por sua vez, tem origem exatamente em um uso figurativo, ou então iniciamos um novo processo que poderá conduzir a uma nova conotação de um termo. A pressuposição de uma significação literal de um termo, em oposição a sua significação *estendida* (ou conotativa), é o que permitiria,

⁵ Alguns filósofos da ciência realistas, tal como Richard Boyd, argumentam, contudo, que a metáfora pode chegar a fazer isso – uma ideia que não discutiremos aqui; mas cf. DUTRA, 2006a; 2017b, cap. 5. O assunto também é comentado em BLACK, 1986.

segundo a concepção tradicional, diz Black, interpretar corretamente o que se diz quando se emprega uma metáfora.

Assim, segundo a concepção *substitutiva* da metáfora, afirma Black, uma metáfora é utilizada para dizer algo que poderia ser dito sem ela, isto é, empregando os termos apenas literalmente. Por exemplo, em vez de dizermos “João é um rato” poderíamos dizer “João é um ladrão”. Segundo Black, assim compreendida, quando o falante emprega uma metáfora, o que o ouvinte faz é decifrá-la, como quem decifra um código. No caso do exemplo acima, “rato” seria a palavra-código para “ladrão”. Um termo substitui o outro ao decifrarmos a metáfora.

Um caso especial dessa visão que é comum e tradicional, argumenta Black, é o da concepção que ele denomina *comparativa*. Segundo essa concepção, que também é tradicional e comum, ao dizermos “João é um rato” o que estamos fazendo é comparar João com os ratos, caso em que deveríamos então – de forma literal – dizer: “João é *como* um rato (porque rouba)”.⁶ Segundo essa concepção, a metáfora é apenas uma comparação condensada.

A concepção *interativa* da metáfora, defendida por Black, é alternativa a ambas essas concepções tradicionais e comuns. O uso de uma metáfora implica certamente alguma comparação, concorda Black, e em alguns casos a mesma mensagem poderia ser veiculada de forma literal e sem o uso da metáfora. Além de pôr em questão a própria ideia de que há uma significação literal que pode ser demarcada claramente da significação não literal de um termo, Black também aponta o fato de que há diversos tipos de metáforas. Embora, em alguns casos, possamos dizer o mesmo sem a metáfora, seu emprego trai exatamente a compreensão que o falante tem de que é preciso ir além de qualquer significação

⁶ Utilizamos aqui exemplos diferentes dos de Black, mas com o mesmo efeito. Os de Black são, respectivamente: “Richard is a lion”, “Richard is brave” e “Richard is *like* a lion (in being brave)”; cf. BLACK, 1981, p. 36.

estabelecida (e que, pelo menos provisoriamente, possa ser considerada a *significação literal* de um termo).

A noção básica defendida por Black é que, ao utilizarmos uma metáfora, há uma interação entre os termos *principal* e *subsidiário* da metáfora. Um dos exemplos que ele oferece para explicar tal interação é o seguinte: “Os pobres são os negros da Europa”. Segundo Black,⁷ nossas noções de pobres europeus e de negros americanos interagem; ou seja, no uso de tal metáfora, ambas as noções se modificam mutuamente. Em outras palavras, o uso de tal metáfora nos faria modificar não apenas nossas ideias sobre os pobres da Europa, mas também sobre os negros da América.

Segundo essa concepção, as metáforas são possíveis porque elas exploram um domínio de ideias comuns que os falantes de uma língua têm e que estão associadas a determinados termos. Assim, quando dizemos então, por exemplo, “João é um rato” ou “O homem é um lobo”, estamos explorando as noções compartilhadas que temos sobre o comportamento dos ratos e dos lobos, num dos casos, para compreendermos o comportamento de João, no outro para compreendermos o dos homens em geral. Mas, exatamente, a concepção interativa sustenta que a metáfora altera essas próprias noções comuns. Ou seja, depois de dizermos que João é um rato e que o homem é um lobo, não apenas expressamos algo que, de outro modo, não saberíamos dizer bem a respeito de João e dos seres humanos em geral, mas também modificamos nossa compreensão dos ratos e dos lobos. Ora, esta já é uma consequência mais difícil de aceitar. Mas ela é central nessa concepção interativa da metáfora que Black defende.

A posição de Black é interessante sobretudo porque coloca em evidência certa ingenuidade da concepção tradicional e sua pressuposição de que há uma significação literal que é pacífica. A

⁷ Cf. BLACK, 1981, p. 38. Black utiliza o exemplo dado por I. A. Richards, um dos autores nos quais ele se inspira para propor sua concepção interativa da metáfora.

metáfora e outras figuras de linguagem resultariam da transgressão de uma regra ligada à significação literal dos termos. Em última instância, a doutrina de Black elimina a demarcação entre significação literal e metafórica de um termo.⁸ Black critica a concepção tradicional por não levar em conta a pragmática, e ater-se ela apenas ao aspecto semântico da questão.

Porém, justamente quando levamos em conta a pragmática, nos damos conta de que a distinção entre significação literal e metafórica de um termo é pertinente. O único ponto a notar é que a classe que define extensionalmente a significação literal de um termo não é inalterável. Ao contrário, exatamente pelo uso das figuras de linguagem, tal classe se altera. Essa é uma das formas pelas quais os falantes modificam sua língua – coisa que é reconhecida pelo próprio Black. Mas ele não se dá conta de que, do ponto de vista pragmático, há sempre uma significação *considerada* literal dos termos, embora seja provisória – o que também é pressuposto pelos falantes. Isso faz parte das noções comuns a que Black alude e que permitem o próprio uso de metáforas.

A metáfora funciona quando o falante (aquele que produz a metáfora) e o ouvinte compartilham determinadas noções, diz Black. Em seu texto posterior sobre o mesmo tema (BLACK, 1986, p. 23), ele compara o uso da metáfora a um jogo de xadrez no qual um jogador executaria um movimento proibido pelas regras, mas que seria aceito pelo oponente. Black diz que este seria um *modelo* (o termo é seu) para compreendermos a linguagem. Ora, trata-se, portanto, do reconhecimento de que há uma regra vigente (a significação literal) e que tal regra é violada pelo falante em determinada circunstância com o assentimento do ouvinte. As formas de expressão popular e de gíria, inclusive com erros gramaticais, são toleradas desse mesmo modo. E em todos esses casos os falantes modificam sua língua a longo prazo. E por isso

⁸ Para uma análise detalhada dessa questão cf. DUTRA, 2006a e 2017b, cap. 5. O ponto central dessa discussão é retomado a seguir.

mesmo, tal como o próprio Black (1986) também reconhece, uma figura de linguagem bem-sucedida, a longo prazo, tende a deixar de sê-lo, isto é, ela tende a impor uma modificação nas classes que definem extensionalmente a significação literal dos termos.⁹

Assim como a concepção tradicional intuiu corretamente que na metáfora fazemos referência a certa analogia ou correspondência estrutural entre os complexos de implicação (*implication-complexes* – isto é, os respectivos complexos de noções associados aos tópicos principal e secundário envolvidos na metáfora), tal como reconhece Black (1986, p. 31), ela também intuiu corretamente que – *pro tempore* – há uma significação literal, podemos dizer assim. Prestarmos atenção à pragmática apenas nos revela que tal significação literal é sempre provisória. Mais que isso, ela é também necessária, pois sem ela não haveria metáfora. Sem significações literais e regras semânticas compartilhadas não haveria figuras de linguagem, obviamente. E, do mesmo modo, elas também não existiriam se não fosse possível alterar a significação literal de um termo, transgredindo uma regra semântica. Essa transgressão, tal como no jogo de xadrez alternativo imaginado por Black, é compreensível apenas do ponto de vista pragmático. Suponhamos que um conjunto de peças de xadrez esteja incompleto, faltando, por exemplo, os cavalos, não porque foram eliminados durante uma partida, mas porque já não estavam na caixa de peças. Nesse caso, talvez os jogadores se permitissem movimentos em desacordo com as regras usuais do xadrez, com o intuito de poderem fazer determinadas jogadas, por exemplo, em que a torre faça também o movimento do cavalo. A comparação é pertinente se pensamos que, ao utilizarmos uma metáfora, parece que *nos falta* um termo próprio para dizer aquilo que queremos dizer.

Ainda que com as limitações de interpretação que aponhamos aqui, a concepção defendida por Black é interessante e

⁹ Black (1986, p. 26) cita o exemplo curioso do termo “músculo”, em latim *musculus*, que significa *ratinho*, diminutivo de *mus*.

plausível, embora ela não possa se aplicar a qualquer tipo de metáfora. Ela requereria, como ele mesmo reconhece (BLACK, 1986, p. 22s), uma investigação sobre os diferentes tipos de metáfora, coisa que estaria por ser feita, tendo como guia sua teoria. A concepção de Black é interessante também porque nos ajuda, por exemplo, a perceber que as interpretações substitutiva e comparativa da metáfora não dão conta de determinadas metáforas *fortes*, digamos assim.

Ao dizermos “João é um rato”, não estamos querendo dizer simplesmente que João é um ladrão (interpretação substitutiva) ou que ele age como um ladrão (interpretação comparativa), mas, mais exata e enfaticamente, que *João é um rato*. A metáfora é forte porque apenas por meio dela a ênfase que o falante quer dar pode ser alcançada (como usar uma torre para fazer o movimento do cavalo no xadrez anômalo). O que se quis dizer pode ainda ser traduzido – embora, como sempre, sujeito a indeterminação. Podemos explicar a metáfora para um falante que talvez não compartilhe inteiramente as noções comuns necessárias para que a metáfora seja imediatamente compreendida e aceita. É o mesmo que *explicar* uma piada.¹⁰

Uma metáfora que precisa ser explicada perde a força ou, melhor dizendo, para aquele público não tem força, tal como uma piada que precisa ser explicada. As piadas e o discurso humorístico ou irônico em geral, assim como o uso de quaisquer figuras de linguagem são apropriados exatamente onde e quando o uso regular de um termo não expressa exatamente o que o falante quer dizer. Assim, podemos traduzir “João é um rato” e dizer: João é um ladrão, mas não um ladrão comum; ele é um tipo traiçoeiro e sujo (outra metáfora) de ladrão etc.; ele não apenas age como um

¹⁰ Esta comparação, bastante apropriada, aliás, é feita pelo próprio BLACK (1986, p. 36). Se temos de explicar uma piada, ela perde sua função humorística. Algo similar ocorre quando temos de explicar uma metáfora; ela perde sua função expressiva.

ladrão, mas, mesmo quando não rouba, continua sendo uma pessoa abjeta etc. Mas, além de ser obviamente indeterminada, essa tradução não tem a força de dizermos simplesmente: “João é um rato”.

Entretanto, o uso de metáforas não é apenas uma questão de força expressiva, mas também de capacidade cognitiva. Esse aspecto não é menos importante na teoria de Black, embora ele não o tenha desenvolvido suficientemente. Em primeiro lugar, em seu livro *Models and Metaphors* (1981), apesar do título, ele não desenvolve muito a relação entre os dois temas. Ele diz que só posteriormente se deu conta de uma relação mais profunda entre metáfora e modelo, como confessa em seu texto “More about Metaphor” (1986, p. 31), dizendo que “toda metáfora é a pontinha de um modelo submerso”.

Em segundo lugar, do ponto de vista cognitivo, há ainda a já mencionada questão da assimetria. A posição de Black implica também a rejeição da noção comum de assimetria, em virtude da interatividade entre os tópicos principal e secundário da metáfora. Em outras palavras, quando dizemos “João é um rato” ou “O homem é um lobo”, tais metáforas também modificariam nossa compreensão dos ratos e dos lobos. Essa questão, como já comentamos no início deste capítulo, está ligada à da assimetria das explicações (pois a metáfora é, de qualquer forma, um tipo de explicação, ou equivale a uma explicação), e a ela voltaremos mais adiante. Antes, contudo, vejamos como Black caracteriza os modelos teóricos que, segundo ele mesmo, embora o reconheça tardiamente, subjazem a uma metáfora.

2.3 Os modelos teóricos segundo Black

No texto “Models and Archetypes”, capítulo 8 do mencionado livro de Black,¹¹ ele faz a distinção entre quatro tipos de

¹¹ Cf. BLACK, 1981, p. 219-243.

modelos, a saber: modelos em escala, modelos analógicos, modelos matemáticos (comentados no capítulo precedente) e modelos teóricos. O modelo em escala é um tipo de modelo icônico que está associado ao sistema do qual ele é um modelo por semelhança física. O modelo e o sistema que ele representa são considerados isomorfos,¹² no sentido geométrico, isto é, eles possuem a mesma estrutura, o mesmo arranjo das partes etc., havendo entre o modelo e o sistema por ele representado uma diferença de tamanho. Em geral, tais modelos são menores que o sistema representado, mas preservando as mesmas proporções.

Assim como o modelo em escala ou icônico, o segundo tipo de modelo considerado por Black, o modelo analógico, procura reproduzir fidedignamente a estrutura do sistema representado; ele é também algum tipo de objeto material. Casos desse tipo seriam, por exemplo, o uso de sistemas hidráulicos para representar sistemas econômicos. A diferença crucial entre este tipo de modelo e o anterior está na forma *mais abstrata* de representar a mesma estrutura do sistema em questão. Por sua vez, os modelos matemáticos, dos quais já tratamos no capítulo anterior, são modelos de maior grau ainda de abstração.

Veremos adiante que as analogias de que trata Mary Hesse desempenham, segundo ela, um papel cognitivamente mais importante do que aquele que Black confere a seus modelos analógicos. Além disso, os modelos nômicos dos quais Hempel fala (discutidos no próximo capítulo), que também parecem ser o mesmo tipo de modelo que Black denomina analógicos, por sua vez, possuem, segundo Hempel, um papel cognitivo importante. Como já podemos então perceber, a identificação dos tipos de modelos e de seus respectivos papéis cognitivos nas ciências varia de autor para autor. Por isso um dos objetivos deste livro é colocar certa

¹² A rigor, isso não é exatamente assim. Mencionamos aqui apenas a noção mais intuitiva e aproximativa; a noção mais rigorosa de isomorfismo, que estaria relacionada com os modelos, será discutida no capítulo 4.

ordem no uso da terminologia e propor uma tipologia de modelos que esteja ancorada na pragmática da investigação, como veremos no capítulo 9, para resgatar os aspectos já identificados pelos diversos autores que se ocupam do tema. Assim, por ora, é menos importante a terminologia que eles utilizam e muito mais a identificação das características principais dos modelos mencionados.

Embora esses últimos desempenhem um papel cognitivo muito mais importante na atividade científica que os dois primeiros (que em geral têm uso meramente didático e heurístico), o modelo por Black denominado *teórico* é que é por ele considerado eminentemente científico, uma vez que esse tipo de modelo fornece a explicação causal que está associada à forma apontada pelo modelo matemático, que indica apenas as funções matemáticas envolvidas (BLACK, 1981, p. 225s). Os cientistas cujas ideias inspiraram Black em sua discussão dos modelos teóricos foram os já mencionados J. C. Maxwell, Lord Kelvin, além de Ernest Rutherford e Niels Bohr.¹³

A discussão de Black começa considerando a conhecida representação de Maxwell do campo elétrico em termos das propriedades de um suposto fluido não compressível (BLACK, 1981, p. 226s). Segundo Black, Maxwell insistia inicialmente no caráter imaginário do fluido em questão, ou seja, que o éter luminífero seria uma espécie de imagem mental. Mas, posteriormente, ele passou a encarar o éter de forma mais realista, assim como seu contemporâneo, Lord Kelvin, já citado, para quem não se tratava apenas de uma forma ideal de dizer as coisas (BLACK, 1981, p. 227s). Ao considerar as diferentes interpretações de Maxwell e de W. Thomson quanto ao caráter realista ou não do éter e, por con-

¹³ As referências aos *modelos* do átomo propostos por Rutherford e Bohr são lugar-comum na literatura sobre o tema dos modelos, embora sem maior aprofundamento. As concepções de Maxwell e W. Thomson, por sua vez, menos mencionadas, merecem então um exame mais detalhado, em especial porque estão mais ligadas à atividade de modelagem na prática científica.

seguinte, então, dos modelos científicos, Black se refere à relação entre metáfora e modelo. Ele diz:

Certamente, há uma grande diferença entre tomar o éter como uma mera conveniência heurística, como as primeiras observações de Maxwell requerem, e tomá-lo ao modo de Kelvin, como “matéria real” que possui propriedades definidas – embora, por certo, paradoxais – independentes de nossa imaginação. A diferença está entre pensar o campo elétrico *como se* ele estivesse preenchido com um meio material e pensá-lo *como sendo* tal meio. Uma abordagem utiliza uma comparação descomprometida, semelhante a um argumento por analogia ou a um símile; a outra requer uma identificação típica da metáfora (BLACK, 1981, p. 228).

Black considera que a posição inicial de Maxwell, que tende a tratar os modelos apenas como *ficções heurísticas*, é mais prudente, sem dúvida, e permite evitar mitos. De fato, a história posterior da física desacreditou o éter luminífero. Mas Black reconhece que é mais comum o que ele denomina *uso existencial* dos modelos, isto é, tomá-los como coisas reais. Físicos como Lord Kelvin, assim como Rutherford e Bohr depois daquele, argumenta Black, descreviam seus modelos supondo que falavam das coisas como elas são, e não como uma apresentação imaginativa de fórmulas matemáticas. Sobre esses três últimos Black diz:

Ao utilizar modelos teóricos, eles não estavam comparando dois domínios a partir de uma posição neutra em relação a ambos. Eles utilizaram a linguagem apropriada em relação ao modelo ao pensar sobre o domínio de aplicação; eles não agiram *por analogia*, mas *através* e por meio de uma analogia subjacente. Eles tomavam seus modelos como mais do que dispositivos expositivos ou heurísticos (BLACK, 1981, p. 229).

Segundo Black, a apresentação de um modelo é a introdução de uma nova língua ou dialeto, que se supõe poder descrever um objeto ou sistema determinado. O modelo teórico – esta é a

afirmação mais importante de Black a respeito do tema – não precisa ser *construído*; ele é *descrito* por aquele cientista que o apresenta (BLACK, 1981, p. 229). As condições de uso dos modelos teóricos, segundo Black (1981, p. 230), seriam as seguintes:

1. Possuímos um campo original de investigação no qual *alguns* fatos e regularidades foram estabelecidos (de diversas formas, indo desde elementos desconectados e generalizações grosseiras até leis exatas, possivelmente organizadas por uma teoria relativamente bem articulada).
2. É sentida a necessidade seja de explicar os fatos dados e regularidades, seja de entender os termos básicos que se aplicam ao domínio original, seja de estender o corpo original de conhecimento e conjectura, seja de conectá-lo com corpos de conhecimento até então disparatados – em resumo: é sentida uma necessidade de um controle científico maior do domínio original.
3. Descrevemos certas entidades (objetos, materiais, mecanismos, sistemas, estruturas) que pertencem a um domínio secundário relativamente não problemático e mais conhecido ou mais bem organizado. As propriedades postuladas para essas entidades são descritas nos detalhes que parecem se mostrar úteis.
4. Regras explícitas ou implícitas de correlação estão disponíveis para traduzir os enunciados sobre o campo secundário para os correspondentes enunciados sobre o campo original.
5. Inferências sobre as pressuposições feitas no campo secundário são traduzidas por meio de regras de correlação e são, então, independentemente conferidas em comparação com dados conhecidos ou esperados no domínio principal.

O argumento de Black em favor da importância dos modelos teóricos é que, como as metáforas, eles são uma forma de alcançar uma compreensão do domínio principal ou original de pesquisa que não poderia se dar por meio de uma mera descrição do que já se sabe a seu respeito (BLACK, 1981, p. 236s). Como vimos na seção precedente, o que dizemos por meio de uma metáfora, segundo a concepção interativa de Black, não pode ser traduzido simplesmente em discurso literal. Ao empregarmos a metáfora, vemos novas conexões entre os tópicos principal e secundário. Do mesmo modo, ao empregarmos um modelo teórico, vemos novas conexões entre os elementos pertencentes ao domínio principal de pesquisa, a partir da comparação com elementos do domínio secundário.

Black (1981, p. 239) comenta ainda que, ao contrário dos outros três tipos de modelos por ele identificados, os modelos teóricos são um tanto misteriosos. Mas do ponto de vista pragmático eles são impressionantes, pois com eles “uma mera descrição de uma estrutura imaginária mas possível é suficiente para facilitar a pesquisa científica”. Se o uso de modelos, diz Black, é comparável ao uso de metáforas, como muitos filósofos da ciência afirmam, trata-se então da metáfora entendida de forma interativa, e não de forma comparativa ou substitutiva. Aqui temos então uma questão que Black não enfrentou em seu livro. Isto é, ele não desenvolveu o paralelo entre a interatividade entre os tópicos principal e secundário da metáfora e os domínios principal e secundário de pesquisa científica que são postos em relação por um modelo teórico. Assim, se a concepção de Black dos modelos científicos permitiria questionar o princípio de assimetria, este é um ponto que ele não discutiu. Após comentarmos na próxima seção a concepção de Mary Hesse e a discussão imaginada por ela entre Pierre Duhem e Norman Campbell, na última seção deste capítulo, retornaremos a esse problema.

Por fim, quanto às ideias de Black especificamente, vale enfatizarmos um dos aspectos que ele descreve dos modelos teó-

ricos, isto é, o fato de que eles não são propriamente construídos, como pensamos costumeiramente, mas *descritos*, o que faz pressupor que eles existem por si mesmos. Ora, a nosso ver, esse é um aspecto essencial dos modelos científicos. Enquanto entidades ou estruturas abstratas, os modelos científicos gozam daquilo que Morrison e Morgan denominam *autonomia*, como discutiremos no capítulo 6. Os modelos científicos e as demais entidades abstratas, como argumentaremos no capítulo 8, são estruturas autônomas que, mesmo sendo construídas coletivamente por seus usuários, gozam de autonomia e, logo, podem e devem ser descritas em suas especificidades.

2.4 As analogias segundo Hesse, Duhem e Campbell

Mary Hesse retoma a noção de analogia de Norman Campbell, defendendo sua posição contra a de Pierre Duhem. Para esse autor, os modelos seriam meramente auxiliares de valor psicológico (isto é, heurístico) para a construção de teorias, enquanto que para Campbell eles são aquilo que permite às próprias teorias desempenhar plenamente seu papel explicativo. No capítulo de seu livro em que apresenta um suposto diálogo entre um campbelliano e um duhemiano pela boca do primeiro, Hesse vai expondo os pontos principais de sua concepção da analogia.

Retomando o exemplo de Campbell da teoria dinâmica dos gases, Hesse apresenta as noções de analogia *negativa*, *positiva* e *neutra* (cf. HESSE, 1966, p. 8s). Nesse caso, a analogia negativa são aquelas propriedades que pertencem às bolas de bilhar mas não às moléculas. A analogia positiva são as propriedades das bolas de bilhar que desejamos atribuir às moléculas do gás. A analogia neutra são, por sua vez, as propriedades que não sabemos se serão colocadas do lado da analogia negativa ou da analogia positiva. Aqui reside o valor dos modelos como ferramentas de investigação. Pois, no caso do citado modelo das bolas de bilhar para estudarmos as propriedades de um gás, a investigação consistirá

em descobrir o quanto mais há de comum entre os dois sistemas, as bolhas de bilhar, de um lado, e o gás, de outro.

Hesse ainda introduz uma distinção terminológica. O que ela denomina *modelo₁* é, segundo ela, uma *cópia imperfeita* (neste caso, as bolas de bilhar) sem a analogia negativa já conhecida, isto é, apenas a analogia positiva e as outras possíveis propriedades comuns entre os dois sistemas (as bolas e o gás). Por sua vez, o que ela denomina *modelo₂* é uma cópia que inclui a analogia negativa (cf. HESSE, 1966, p. 9-10). Mas este não é o ponto essencial. O mais importante é a caracterização do que seria para o campbelliano de Hesse um modelo (que, segundo Black, podemos então chamar de modelo) *teórico*. Ela diz:

Para mim, um modelo é qualquer sistema, seja aquele que pode ser construído, desenhado, imaginado, ou nenhuma dessas coisas, e que tenha a característica de tornar a teoria *preditiva* em um sentido que vou descrever depois quando tentar consubstanciar minha alegação de que os modelos são logicamente necessários para as teorias (HESSE, 1966, p. 19).

Pragmaticamente, em primeiro lugar, essa definição de modelo estabelece que, em princípio, qualquer sistema pode ser modelo de outro. Isto é, basta que seja possível estabelecer as analogias positiva e neutra entre dois sistemas para podermos ter um deles como modelo do outro. Em segundo lugar, essa atividade de modelagem (isto é, de estabelecer analogias entre diferentes sistemas) é imprescindível para que uma teoria tenha poder preditivo. Em outras palavras, uma teoria científica não é *em si* preditivamente forte, mas ela resultará assim se formos capazes de elaborar a partir dela modelos que se apliquem a determinados contextos. Esta é uma noção também essencialmente pragmática. Ao examinarmos adiante diretamente as ideias de Campbell, veremos como essa perspectiva pragmática se confirma.

Há diversos outros aspectos interessantes da posição de Hesse em seu livro, mas o essencial já foi comentado, e nesta se-

ção vamos examinar também as discussões dos próprios Duhem e Campbell em seus já citados livros. A questão fundamental que Hesse quis decidir em favor de Campbell e contra Duhem é se os modelos são essenciais para as teorias científicas, como pensava o primeiro, ou se possuem apenas valor heurístico ou ilustrativo, tal com propunha o segundo.

Em certo sentido, segundo Campbell, de fato, os modelos possuem um valor heurístico que, aliás, é inestimável, uma vez que são necessários para o próprio desenvolvimento das teorias. Mas não se trata, com certeza, de um valor meramente ilustrativo, como sugere Duhem. Entretanto, isso não significa que, uma vez elaboradas, as teorias possam prescindir dos modelos. O ponto que Hesse quis mais enfatizar em seu livro, seguindo Campbell justamente, é que o poder preditivo das teorias também está na dependência de modelos. E por isso não podemos dizer que o papel dos modelos na investigação científica seja apenas heurístico, e menos ainda meramente ilustrativo ou pedagógico.

Em grande medida, a polêmica entre duhemianos e campbellianos diz respeito não propriamente ao significado que vamos associar ao termo “modelo” ou às expressões “modelo teórico” e “modelo científico”, mas ao que se entende por *teoria*, embora, como veremos, Duhem também faça confusões em torno do termo “modelo”. Duhem queria enfatizar o caráter racional e abstrato da teoria, e entendia que, ao fazer proliferar os usos de modelos (por exemplo, na exposição de uma teoria), os ingleses empobreciam a teoria no que se refere à abstração e à racionalidade.

Para o leitor de hoje, Duhem não escolheu a melhor forma de expor suas concepções de teoria e de modelo, por ter vinculado a discussão à comparação entre as diferenças psicológicas dos pensadores britânicos e dos autores continentais europeus. Esse é um caso, podemos dizer, em que a *analogia* em questão, se utilizada hoje, atrapalharia, embora talvez não fosse o caso na época da publicação do livro, em 1914.

Em primeiro lugar, equivocadamente, Duhem pressupõe que os autores britânicos consideram os modelos físicos importantes para a exposição de uma teoria física e sua compreensão (cf., por exemplo, DUHEM, 2007, p. 107s). Certamente, os autores por ele citados, como Lord Kelvin e Maxwell, entre outros, consideravam os modelos importantes também nesse seu uso, digamos, pedagógico ou ilustrativo. Mas o que Duhem considera um equívoco lamentável, fazendo com que, diz ele, “a visão do modelo acabe por se confundir com a própria compreensão da teoria” (DUHEM, 2007, p. 109), de fato, é aquela noção dos britânicos que ele, Duhem, não conseguiu compreender, isto é, que os modelos científicos não são apenas instrumentos de ensino da física, nem do trabalho do físico de construir uma teoria, mas da própria investigação científica que se segue e que consiste em empregar a teoria para dar explicações. Em vez de ser, como pensa Duhem, o recurso a sistemas concretos o que interessa para aqueles autores que ele critica, é a atividade de abstração que é importante para eles nas comparações entre sistemas.

Aqui estamos tratando de duas coisas diferentes relacionadas ao uso de modelos nas ciências. Uma coisa é a utilização de um modelo mecânico, por exemplo, para a compreensão de fenômenos de outro tipo (eletromagnéticos, por exemplo). Ora, Duhem cita Lord Kelvin e Maxwell a este respeito e nisso está correto, pois ambos os autores achavam importante utilizar aquilo que já era mais conhecido para tentar conhecer melhor o que era menos conhecido. E o mais conhecido, nesse caso, eram os fenômenos mecânicos, uma vez que a teoria mecânica era mais desenvolvida. Esse é um aspecto essencial da discussão, sem dúvida, tal como voltaremos a discutir no final deste capítulo, a respeito do problema da assimetria.

Entretanto, o outro uso dos modelos é na aplicação de uma teoria científica para dar explicações. Aquela parte que comentamos acima das discussões de Hesse em seu livro diz respeito ao primeiro uso dos modelos ou analogias, mas ela também

discute os aspectos ligados a este segundo uso dos modelos.¹⁴ Ora, na discussão de Duhem as duas coisas estão misturadas e disso decorre, em parte, a dificuldade que ele tem de entender o ponto de vista dos ingleses sobre modelos e a distinção que eles fazem entre uma teoria e seus modelos.¹⁵

Duhem diz que os físicos britânicos compreendem uma teoria da seguinte maneira:

A teoria não é para ele [o físico inglês] nem uma explicação, nem uma classificação racional das leis da física, mas um modelo dessas leis; ela não é construída para a satisfação da razão, mas para o prazer da imaginação; dessa forma, ela escapa do domínio da lógica; é prazeroso para o físico inglês construir um modelo para representar um grupo de leis e outro modelo, completamente diferente do anterior, para representar outro grupo de leis, e isso mesmo que determinadas leis sejam comuns aos dois grupos. Para um geômetra da escola de Laplace ou de Ampère, seria absurdo dar para uma mesma lei duas explicações teóricas distintas e sustentar que essas duas explicações são válidas ao mesmo tempo; para um físico da escola de Thomson ou de Maxwell, não há nenhuma contradição no fato de que uma mesma lei possa aparecer em dois modelos diferentes (2007, p. 122-123).

Os modelos, diz ainda Duhem, por sua vez, são concebidos pelos ingleses ou como um “mecanismo construído com corpos concretos” ou como uma “ordenação de signos algébricos” (2007, p. 130), coisas que corresponderiam respectivamente ao que ele, Duhem, denomina *modelos mecânicos* e *modelos*

¹⁴ Cf. HESSE, 1966, p. 57-129, por exemplo os capítulos Material Analogy e The Logic of Analogy de seu livro.

¹⁵ Duhem (2007, p. 134) diz que o físico inglês reduz a teoria física a uma mera coleção de modelos. É curioso como tal confusão entre o que é uma teoria e seus modelos se repita na posição de Bas van Fraassen (cf. VAN FRAASSEN, 1980, 2007), para quem uma teoria científica é uma família de modelos. A este respeito, cf. também DUTRA, 2020, cap. 4.

algébricos (cf. DUHEM, 2007, p. 134). Duhem diz que a difusão das ideias inglesas já então (em 1914) levava muitos (na Alemanha e na França) a tratar as teorias como coleções de modelos algébricos. Mas ele contestava sobretudo a fecundidade, em novas descobertas, do uso que os ingleses faziam dos modelos mecânicos (cf. DUHEM 2007, p. 139s). Aqui é obviamente onde o tema da analogia entra em cena.

Em primeiro lugar, Duhem não considera que a história da física demonstre esse amplo uso da analogia, como querem os ingleses. Mas mais importante que isso – e mais curioso, como veremos a seguir – é que ele contesta a aproximação entre modelo e analogia, que é o ponto central pressuposto pelos britânicos, aquele que Hesse tanto enfatizou. Mesmo concedendo que o uso de analogias possa ser fecundo em certa medida e em certos casos, Duhem diz:

Essas diversas maneiras de apelar para a *analogia* entre dois grupos de leis físicas ou entre duas teorias distintas são, portanto, fecundas em descobertas; mas não podemos confundir isso com o emprego de modelos. Elas consistem em aproximar dois sistemas abstratos um do outro, seja porque um deles, já conhecido, serve para adivinhar a forma do outro, que não conhecemos ainda, seja porque, uma vez ambos formulados, eles poderão se esclarecer mutuamente. Não há nada nisso que possa espantar o lógico mais rigoroso; mas também não há nada que lembre os procedimentos caros aos espíritos amplos e francos [dos ingleses]; não há nada que substitua o uso da imaginação e o uso da razão, nada que rejeite a inteligência, logicamente conduzida, de noções abstratas e de juízos gerais para substituí-la pela visão de conjuntos concretos (DUHEM, 2007, p. 143-144.)

O mais curioso dessa longa passagem – e que a faz merecedora de citação – é que Duhem caracteriza corretamente o uso de modelos, da mesma forma que os autores britânicos os compreendiam ao falar de analogias. Mas atribui a eles uma concepção

que ele, Duhem, considera equivocada, e que os britânicos não possuíam em absoluto. Ao contrário, como veremos em seguida ao comentar as ideias de Campbell, a atividade de abstração no uso de modelos e analogias é justamente o que os britânicos propunham. É a forma estreita com a qual o próprio Duhem compreende os modelos científicos que o impede de entender que aquilo que ele admitia e até valorizava em certa medida era o que os britânicos praticavam e defendiam. De certo modo, portanto, trata-se de uma polêmica sobre o significado de determinados termos e não de verdadeiras concepções antagônicas ou de uma discussão genuinamente conceitual sobre os modelos científicos.

Segundo Hesse, embora Campbell não cite Duhem explicitamente – ao passo que cita Lord Kelvin e Maxwell, entre outros –, ele estava empenhado em contradizer a crítica de Duhem e em defender o ponto de vista dos britânicos, obviamente. De fato, as citações de Maxwell e Thomson são dadas em apoio à exposição que Campbell faz da concepção de teoria e de analogia que ele defende. Ele também se dá ao trabalho, no capítulo 6 de seu livro *Physics, the Elements* (CAMPBELL, 1920), de definir claramente o que entende por uma *lei* científica e de esclarecer a relação que pode haver entre leis e teorias científicas, relação mediada em parte pelo uso de analogias.

O termo “lei” é definido de forma mais vaga, pois para Campbell uma lei é qualquer proposição (verdadeira) que possua alguma importância para a ciência (cf. CAMPBELL, 1920, p. 119), enquanto o termo “teoria” recebe uma definição rigorosa e elaborada. Campbell diz a esse respeito:

Uma teoria é um conjunto articulado de proposições dividido em dois grupos. Um grupo consiste em enunciados sobre alguma coleção de ideias que são características da teoria; o outro grupo consiste em enunciados sobre a relação entre essas ideias e algumas outras ideias de natureza diferente. O primeiro grupo vai ser coletivamente chamado de “hipótese” da teoria; o segundo grupo, de “dicionário”. A hipótese é assim chamada, de acor-

do com o sentido que acaba de ser estipulado, porque as proposições que a compõem são incapazes de prova ou refutação por si mesmas; elas devem ser significativas, mas, tomadas independentemente do dicionário, parecem pressuposições arbitrárias. Desse modo, elas podem ser consideradas como algo que dá uma “definição por postulação” das ideias que são características da hipótese. As ideias que são relacionadas por meio do dicionário com as ideias da hipótese são, por outro lado, tais que algo é conhecido sobre elas, independentemente da teoria. Deve ser possível determinar, independentemente de qualquer conhecimento da teoria, se determinadas proposições que envolvem essas ideias são verdadeiras ou falsas. O dicionário relaciona algumas dessas proposições cuja verdade ou falsidade é conhecida com determinadas proposições que envolvem as ideias da hipótese ao afirmar que, se o primeiro conjunto de proposições for verdadeiro, então o segundo conjunto será verdadeiro, e vice versa; essa relação pode ser expressa pelo enunciado de que o primeiro conjunto implica o segundo (CAMPBELL, 1920, p. 122).

Com isso Campbell dá uma caracterização bastante sofisticada das teorias científicas, que, aliás, lembra a de positivistas lógicos como Carnap e está longe da forma como, segundo Duhem, a física britânica compreenderia as teorias. Tal caracterização chega a ponto de estabelecer as condições veritativas das teorias científicas. Campbell diz:

A teoria é dita verdadeira se se considera que proposições a respeito de ideias hipotéticas, [proposições] deduzidas da hipótese, de acordo com o dicionário, implicam proposições a respeito de conceitos que são verdadeiros, isto é, implicam leis; pois todas as proposições verdadeiras sobre conceitos são leis. E diz-se que a teoria explica determinadas leis se são elas que estão implicadas pelas proposições a respeito de ideias da hipótese (CAMPBELL, 1920, p. 123).

Assim, temos a forma como Campbell relaciona as leis com as teorias. Contudo, essa caracterização da teoria científica,

continua Campbell, ainda não está completa. Pois, além de possuir a forma acima descrita, a teoria precisa possuir uma segunda característica, que é exatamente a *analogia*: “Para que a teoria possa ter valor, ela deve ter uma segunda característica; ela deve mostrar uma analogia. As proposições da hipótese devem ser análogas a algumas leis conhecidas” (CAMPBELL, 1920, p. 129). Campbell reconhece que as analogias são, de fato, auxílios importantes para a formulação de teorias. Mas elas não são apenas isso. As analogias são uma parte essencial da própria teoria, assim como o primeiro elemento, composto da hipótese e do dicionário (cf. CAMPBELL, 1920, p. 129s). As analogias são a descrição daquelas situações possíveis segundo a teoria e nas quais valem as leis implicadas pela teoria.

Por exemplo, um dos papéis essenciais desempenhados pela analogia (cf. CAMPBELL, 1920, p. 142) é permitir discriminar entre uma teoria apropriada para explicar determinados fenômenos e uma série de outras, mesmo que absurdas, mas que poderiam também explicar as mesmas leis. E ele dá exemplos a esse respeito. Isso significa, como dissemos acima neste capítulo, que é a analogia que permite contextualizar a teoria, de tal forma a utilizá-la no contexto apropriado, conferindo-lhe poder explicativo.

Outra ideia de Campbell que aponta na mesma direção de uma perspectiva pragmática é a de que a analogia tem a ver com o uso que fazemos dela e da teoria em questão. Ele diz:

Pois uma analogia é uma função da mente que contempla. Quando dizemos que um conjunto de proposições é análogo a outro, estamos dizendo algo sobre o efeito disso sobre nossas mentes. Se isso produz ou não o mesmo efeito nas mentes de outros, ainda vai ter aquele efeito sobre as nossas. Mas isso também é verdade a respeito da simplicidade. Uma proposição é simples ou complexa de acordo com o efeito que produz em nossas mentes, e esse efeito vai ser o mesmo qualquer que seja o efeito sobre as mentes dos outros. Uma analogia possui valor,

como foi dito antes, por causa das ideias que ela evoca; a simplicidade possui valor precisamente pela mesma razão (CAMPBELL, 1920, p. 144).

A comparação da analogia com a simplicidade põe em evidência seu caráter pragmático, pois, claramente, Campbell toma a simplicidade como uma noção pragmática associada aos conceitos e teorias, como a citação acima permite ver. Isso significa que sem a analogia não teríamos o que fazer mesmo com nossas melhores teorias, pois não poderíamos nem mesmo saber se elas são melhores que outras no que se refere ao poder explicativo.

Além disso, a citação acima remove o caráter um tanto misterioso que, à primeira vista, haveria na afirmação de que a analogia é um elemento essencial das teorias ou, mais precisamente, uma segunda característica essencial delas. Pois vemos então que a analogia é o efeito que, *contextual e contingencialmente*, a teoria provoca em nós. De fato, está claro que quem faz a analogia (isto é, a comparação) somos nós. Nós é que, ao fazermos a analogia, expressamos o efeito sobre nossas mentes de dois conjuntos distintos de ideias. Mas isso é essencial à teoria, assim como a hipótese e o dicionário. Uma teoria não é, portanto, apenas uma classe de ideias nossas sobre as coisas, mas também o efeito que nossas próprias ideias causam em nós, isto é, no restante do que sabemos.

Quando Campbell e Hesse falam, portanto, de analogia estão falando, mais propriamente, daquilo que podemos chamar de *modelagem*, ou seja, da operação de comparar dois sistemas. Nessa operação, um conjunto de ideias é utilizado como *modelo* de outro, isto é, um sistema mais conhecido é uma primeira aproximação para compreender o funcionamento de outro, menos conhecido. É exatamente nesse sentido que vão as citações que o próprio Campbell faz, por exemplo, de Lord Kelvin ao falar da importância dos modelos mecânicos (cf. CAMPBELL, 1920, p. 154s).

Todavia, como discutiremos nos demais capítulos deste livro, os modelos devem ser considerados não apenas quanto à atividade que denominamos *modelagem*, mas também em suas características próprias, características que, independentemente do uso que possamos fazer deles, os modelos possuem enquanto estruturas abstratas. Para terminar esse capítulo, voltemos então ao tema da assimetria, que tem relação ao mesmo tempo com o que os modelos são em si mesmos e com o que deles pensamos, na medida em que os utilizamos para fazer analogias.

2.5 A assimetria de um ponto de vista pragmático

A posição de Lord Kelvin, Maxwell, Campbell e outros, como vimos, a respeito da utilidade dos modelos mecânicos para outras áreas da ciência nos conduz à discussão principal deste capítulo, a saber, aquela sobre o problema da assimetria, que já comentamos de início. Quando utilizamos um modelo mecânico, por exemplo, para compreendermos melhor um sistema ou algo menos conhecido (o éter luminífero ou fenômenos eletromagnéticos etc.), como foi o caso para os autores aqui mencionados, obviamente, há uma pressuposição de assimetria entre os dois sistemas. Isto é, o modelo (o sistema mecânico) permite explicar o outro sistema, mas não vice-versa. Isso está claro e é certo, razão pela qual o modelo mecânico é utilizado em tais casos. Do ponto de vista pragmático, não faria sentido partir do menos conhecido para explicar o mais conhecido, como os autores acima citados enfatizam.

Entretanto, se, em primeiro lugar, podemos fazer uma analogia entre o uso de modelos e o uso de metáforas (pressupondo que, assim como defende Black, as metáforas sejam reversíveis) e se, em segundo lugar, a assimetria é uma característica pragmática do uso de modelos (pois é contingente o fato de que determinado sistema mais conhecido possa provocar em nós a analogia, como sustenta Campbell), então faz sentido conside-

rarmos a possibilidade de que a analogia também seja reversível. Em outras palavras, faz sentido considerar a possibilidade de que, por exemplo, ao utilizar um modelo hidráulico para compreender um sistema elétrico, nosso conhecimento desse último nos conduza a um modelo (o sistema elétrico) que, por sua vez, vá nos ajudar a compreender melhor o sistema hidráulico. Em suma, fazendo o paralelo com a alegação de Black, poderíamos então dizer que, ao compararmos um sistema elétrico com um sistema hidráulico, não apenas conhecemos mais do primeiro, mas também mais do segundo, assim como, ao compararmos os homens e os lobos, conhecemos mais (se a metáfora for reversível) também dos lobos, e não apenas dos homens.

Tanto o problema de Black (se as metáforas são reversíveis ou não) quanto esse que acabamos de formular (se as analogias são reversíveis ou não) são questões de fato, e só podem ser resolvidas na prática. A não ser que apelemos para a natureza das atividades de produzir metáforas e analogias – um apelo que, a nosso ver, envolveria alguma concepção cognitivista da mente humana –, não há por que considerarmos que a atividade de formular metáforas e a atividade de formular analogias (e a metáfora é, no fundo, como vimos, uma forma de analogia) possuam determinada natureza que transcenda os contextos nos quais tais atividades são exercidas. Tais contextos contêm os seres humanos que fazem as comparações que resultam em metáforas e analogias científicas, mas eles continuam a ser contextos mutáveis e contingentes.

Assim, como já indicamos antes, a própria proposta de Black a respeito das metáforas não pode ser aceita como tese, mas apenas como uma possibilidade pragmática. E o mesmo vale para o caso da analogia científica e de quaisquer formas de comparação entre estruturas ou sistemas. Assim como o que é simples ou complexo (que assim o é para uns de nós e pode não ser para outros), se as metáforas e as analogias podem ser revertidas, isso depende inteiramente do contexto. No caso das metáforas, trata-se

do contexto de fala; no caso das analogias, do contexto da investigação científica.

Desse modo, a única resposta que podemos dar a essas questões de um ponto de vista pragmático é que a ocorrência de metáforas e analogias científicas trai a pressuposição de assimetria entre os sistemas ou coisas comparadas. Pois, pragmaticamente falando, não faria sentido fazer a metáfora ou a analogia se não houvesse a pressuposição (ainda que tácita) de que há uma assimetria entre os sistemas e coisas comparados.

Assim como na atividade de produzir metáforas, como dissemos acima, é preciso pressupor – pragmática e provisoriamente – que há uma significação literal (ainda que não seja inalterável) dos termos, do mesmo modo, na atividade de fazer analogias científicas, é preciso pressupor que há uma assimetria entre os sistemas comparados, embora, do mesmo modo, não seja preciso presumir que tal assimetria seja definitiva. É o progresso da investigação científica, como já sugerimos, que poderá levar a que um sistema antes menos conhecido se torne mais conhecido que aquele que em primeiro lugar serviu de modelo para ele.

Um último ponto que deve ser considerado – e que poderia fazer reverter a discussão em favor de Duhem – é se realmente é necessário que façamos analogias e metáforas. Ora, é verdade que determinada comunidade de falantes (não conhecida, mas possível) de alguma língua humana possa não utilizar metáforas. Mas é verdade, por outro lado, que o uso de metáforas, como diz Black, amplia enormemente nosso poder de comunicação e compreensão. O que dizemos por meio de uma metáfora pode ser traduzido em um discurso literal, como vimos acima, mas perde força expressiva. E pode perder também força cognitiva, obviamente, caso a metáfora realmente nos faça avançar no conhecimento das coisas, como pressupõem alguns, entre eles o próprio Black, mas também realistas científicos, como Richard Boyd.

Ora, o uso de modelos e a atividade de fazer analogias científicas estão na mesma situação. Tal como queria Duhem, po-

demos fazer uma ciência inteiramente sem modelos, apenas com arranjos racionais de leis. Mas, como defendem os autores britânicos cujas ideias examinamos neste capítulo, certamente essa seria uma ciência que perderia em poder explicativo. E poderia também ser uma ciência que perdesse em capacidade de conhecimento ou entendimento do mundo, pressupondo que a explicação seja apenas uma das formas de alcançar isso. Independentemente de tomarmos ou não uma posição realista em relação às teorias científicas e seus modelos (por exemplo, como sugere Black a respeito das posições de Maxwell e Lord Kelvin, como vimos), é preciso reconhecermos que o uso de modelos faz avançar nosso conhecimento do mundo. Ainda que possuíssem apenas um papel heurístico, os modelos científicos já poderiam ser considerados indispensáveis. Mas eles possuem também um papel cognitivo mais relevante, como vimos, que é o fato de que apenas por meio de modelos podemos contextualizar uma teoria e utilizá-la para dar explicações e fazer outras aplicações. Essas capacidades dos modelos enquanto estruturas abstratas serão exploradas nos próximos capítulos.

Modelos nômicos

A concepção de modelo científico a ser discutida neste capítulo – aquela que vamos indicar pela expressão “modelos nômicos” – é a que resulta de fazermos convergir as ideias de Ernest Nagel com as de Carl Hempel sobre o papel dos modelos na investigação científica. Essa expressão foi escolhida em virtude dos comentários de Hempel (1965; 1977), embora nem ele, nem Nagel (1961) a utilizem *ipsis litteris*. Basicamente, Nagel e Hempel apresentam a mesma ideia quando o primeiro fala de *analogias formais*, em oposição ao que ele denomina *analogias substantivas*, e quando o segundo procura mostrar os distintos papéis dos dois tipos de analogia quando comenta a noção de *isomorfismo de leis*.

A questão principal a ser discutida aqui diz respeito à possibilidade de determinadas estruturas modelarem o comportamento de um sistema. Em outras palavras, quando uma estrutura é utilizada como modelo de outra, o foco da comparação não é a similaridade de partes ou de sua configuração nos respectivos sistemas, o que seria o caso das analogias substantivas. Nas analogias formais, diferentemente, o foco da comparação são os comportamentos dos sistemas. É o comportamento conhecido de determinado sistema – e descrito por leis (ou enunciados nomológicos) – que é comparado com o de outro sistema, que desejamos entender (melhor). Se entendermos por “enunciados nomológicos” todas aquelas formulações que indicam regularidades, mesmo que probabilísticas, ou, mais exatamente, que fazem correlações funcionais entre determinadas variáveis, então as leis científicas, tal como são encaradas pelo senso comum científico e mesmo pelos filósofos da ciência em geral, são enunciados nomológicos estritos ou exatos ou, como se diz também, enunciados causais genuínos.

Preferimos então falar de *enunciados nomológicos*, referindo-nos a uma noção mais geral, mas que não exclui aquela de lei no sentido mais estrito.

Os modelos científicos – ou, nesse caso, como os chamaremos, os *modelos nômicos* – são uma ferramenta de pesquisa de grande valor e talvez sejam mesmo indispensáveis na prática científica. Ambos Nagel e Hempel enfatizam esse ponto. Isto é, os modelos nômicos não possuem apenas um papel secundário, didático, ligado à exposição das noções de uma teoria, mas são essenciais seja na formulação da teoria, seja em sua aplicação de diversas formas.

Ainda considerando questões terminológicas, devemos dizer que o termo “nômico” empregado aqui – no sentido específico de que o modelo descreve o comportamento de um sistema – não deve ser confundido com o termo “nomológico”, acima mencionado com respeito a leis e outros enunciados científicos, a ser também empregado em relação aos modelos científicos. Pela expressão “modelo nômico” indicamos aquela concepção que atribuímos a Nagel e Hempel, enquanto que, segundo nossa própria concepção a ser mais detalhadamente delineada nos próximos capítulos, os modelos *nomológicos* (que também chamamos de *modelos-réplica* ou de *modelos teóricos*) não são apenas nômicos, no sentido aqui dado ao termo. Isto é, eles não permitem apenas comparar os comportamentos de dois sistemas, mas, como veremos, são também projetos de máquinas nomológicas e, eles próprios, máquinas nomológicas abstratas. Essa distinção é, em última instância, apenas terminológica, é claro, mas faz sentido para os propósitos de nossas discussões. Em termos mais simples, o aspecto nômico é, a nosso ver, então um dos aspectos envolvidos por aquilo que entendemos como *nomológico*.

3.1 Analogias substantivas e formais

Em seu livro *The Structure of Science*, Nagel (1961, p. 45) primeiro relaciona o uso de modelos com uma concepção que ele

denomina *aristotélica* da explicação científica. O *requisito* aristotélico, diz ele, é que as premissas de uma explicação científica – isto é, o *explanans* ou aquilo de que partimos para explicar outra coisa, o *explanandum* – devem ser mais bem conhecidas do que a *conclusão*, ou seja, aquilo que se deseja explicar.¹ Em parte, diz ainda Nagel (1961, p. 46), foi o desejo de cumprir esse requisito que, na física, conduziu os cientistas a um persistente uso de modelos mecânicos com o intuito de elaborar explicações para fenômenos de eletricidade, calor, luz etc.; e, indo para outros domínios, mesmo para fenômenos ligados ao comportamento humano.

O requisito aristotélico não precisa ser cumprido à risca, argumenta Nagel. Mas ele reconhece que, em grande medida, proceder por analogia, comparando sistemas *menos conhecidos* com aqueles que são *mais conhecidos* (ou seja, seguindo pelo menos em parte o preceito aristotélico), é uma estratégia investigativa rotineira e que pode, de fato, desempenhar um importante papel nas ciências. Por isso, no capítulo 6 de seu livro, dedicado ao estatuto cognitivo das teorias científicas, Nagel examina longamente o papel da analogia. Nesses seus comentários, como veremos abaixo em detalhe, encontra-se a já mencionada distinção entre analogias *substantivas* e *formais*. Todavia, o uso do termo “modelo” nesse texto de Nagel não está isento de ambiguidade.

O problema é que antes, no capítulo 5 do mesmo livro, no qual se encontra a célebre caracterização de Nagel das teorias científicas como *estruturas* compostas de três componentes (1961, p.

¹ O outro pressuposto a esse respeito é que uma explicação consiste em fazer figurar como conclusão de um argumento válido (segundo a lógica clássica) a descrição do fenômeno a ser explicado. Essa concepção-padrão da explicação científica, já amplamente discutida, se encontra, por exemplo, em Hempel (1965), conhecida como *modelo nomológico-dedutivo* da explicação. Sobre esse tópico, além dos próprios textos de Nagel e Hempel, já citados, cf. DUTRA, 2017a, cap. 3; cf. ainda ACHINSTEIN, 1983, para uma discussão ampla e aprofundada das diversas formas de conceber a explicação científica.

90s), o termo “modelo” é introduzido (embora também não completamente sem ambiguidade) como indicativo do que temos denominado *modelo semântico* ou *conjuntista*. Depois, ao discutir os tipos de analogia na investigação científica, no capítulo 6, Nagel emprega o mesmo termo (às vezes, alternativamente ao termo “analogia”), mas com uma significação que, como veremos, não se reduz àquela de “modelo conjuntista”, o que aumenta ainda mais a ambiguidade com a qual o termo “modelo” é empregado por ele. Antes de passarmos à discussão da concepção de analogia defendida por Nagel, vejamos o que ele diz sobre os modelos como o terceiro componente das teorias.

As teorias científicas, segundo Nagel, como ficou bem conhecido pela repercussão de seu livro entre os estudiosos de filosofia da ciência, são constituídas de três elementos que se distinguem apenas para efeitos de análise, não refletindo propriamente *etapas*, digamos, da própria invenção de teorias. Nagel diz:

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 um conteúdo empírico ao cálculo abstrato, relacionando-o com material concreto de observação e experimento; e (3) uma interpretação ou modelo para o cálculo abstrato, que confere alguma carne à estrutura do esqueleto em termos de material conceitualizável ou visualizável mais ou menos conhecido (NAGEL, 1961, p. 90).

Os três mencionados componentes são, respectivamente, então: (1) os postulados da teoria, (2) as regras de correspondência e (3) a interpretação ou modelo da teoria, tal como esses elementos foram depois denominados na filosofia da ciência, e constituem aquela concepção-padrão e amplamente aceita das teorias científicas, concepção que teve origem no positivismo lógico (com Carnap) e que depois recebeu tantas críticas, especialmente dos

partidários da abordagem semântica das teorias, tal como testemunha o agora também já clássico *The Structure of Scientific Theories* de Frederic Suppe (1977a).

Ao explicar o que entende por uma interpretação ou modelo enquanto o terceiro componente das teorias, Nagel dá um exemplo que é apresentado em termos muito próximos daqueles nos quais os livros de lógica elementar explicam o assunto, dizendo que com esse tipo de interpretação ou modelo um conjunto abstrato de postulados é convertido em um conjunto de enunciados verdadeiros sobre determinados objetos (NAGEL, 1961, p. 96). Depois de apresentar seu exemplo, em uma nota de rodapé, citando obras de Carnap, Patrick Suppes e Tarski, Nagel generaliza a noção de interpretação ou modelo da forma característica das apresentações dos modelos semânticos ou conjuntistas. Ele diz que um modelo para um conjunto de postulados é um sistema de propriedades e relações designadas pelos predicados relativos a determinada classe de elementos.²

Entretanto, esse não é o único exemplo que Nagel oferece para explicar o que entende por uma interpretação ou modelo de uma teoria científica. Depois de explicar o que entende por uma regra de correspondência, quando Nagel apresenta a teoria de Bohr do átomo, ele diz que isso também ilustra bem o que ele compreende por uma interpretação ou modelo da teoria. Ora, o ponto de Nagel a essa altura de seu texto consiste em procurar argumentar que as noções fundamentais de uma teoria científica são por vezes apresentadas apenas de forma implícita e que os

² Cf. NAGEL, 1961, p. 96, n. 4. As obras dos três autores acima mencionados citadas por Nagel são: *Introduction to Semantics*, de Carnap (1942), *Introduction to Logic*, de Suppes (1999), e o capítulo 12 de *Logic, Semantics, Metamathematics*, de Tarski (1956). Assim, evidentemente, a intenção de Nagel era apresentar os modelos conjuntistas ou semânticos (que também discutimos no capítulo 1, acima). Para uma discussão sobre as relações entre os modelos conjuntistas ou semânticos e os modelos científicos, cf. ainda DUTRA, 2020, cap. 4.

modelos são úteis para isso. Mais ainda, diz ele, algumas vezes a própria teoria não é introduzida de forma *canônica*, isto é, na forma de um conjunto de postulados, mas exatamente por meio da apresentação de um modelo. Esse é o caso, diz Nagel, justamente da teoria de Bohr:

A teoria de Bohr não é usualmente apresentada como um conjunto abstrato de postulados, acrescido de um número apropriado de regras de correspondência para os termos não lógicos implicitamente definidos pelos postulados. Ela é costumeiramente exposta, tal como no esboço acima dado, por meio de noções relativamente conhecidas, de forma que, em vez de serem formas de enunciados, os postulados da teoria parecem ser enunciados e pelo menos uma parte de seu conteúdo pode ser visualmente imaginada. Essa apresentação é adotada, entre outras razões, porque pode ser entendida com mais facilidade do que uma exposição puramente formal, que é inevitavelmente mais longa e mais complicada (NAGEL, 1961, p. 95).

No referido esboço da teoria de Bohr que Nagel tinha apresentado antes (1961, p. 94), um átomo é descrito como um núcleo com carga elétrica positiva, em torno do qual, em órbitas elípticas, giram os elétrons, com carga negativa e massa menor etc. Ou seja, trata-se do que chamaríamos de uma apresentação intuitiva de alguma coisa que, como diz Nagel, pode ser “visualmente imaginada”. Mas isso tem muito mais o aspecto da apresentação de um modelo científico propriamente e não de um modelo conjuntista, que era o que Nagel queria fazer. Aparentemente, Nagel oscila entre um significado *oficial*, digamos, do termo “modelo” em seu texto – o de modelo semântico – e um significado *intuitivo* que interfere, o de modelo científico justamente. Isso gera a já mencionada ambiguidade no uso do termo “modelo”, o que reaparece na discussão de Nagel sobre as analogias.

Talvez o mais justo seja então dizer que Nagel não escapa à ambiguidade do termo “modelo”, embora pareça tentar fazê-lo. De fato, no início do capítulo 6 de seu livro, aparentemente,

quando deseja se referir aos modelos conjuntistas (isto é, o terceiro componente das teorias), às vezes ele diz “modelo ou interpretação” (1961, p. 106s). Os *outros* modelos aos quais ele se refere (e que não são esses que se destinam a interpretar os postulados da teoria) são os modelos por meio dos quais são dadas definições implícitas das noções da teoria em lugar dos próprios postulados. Nesse caso é que as estruturas como a do modelo de Bohr do átomo seriam úteis, uma vez que elas seriam *mais intuitivas*. Ora, é esse tipo de modelo, obviamente, aquele que Nagel tem em mente ao discutir o tema das analogias.

Essa discussão abre o capítulo 6 do livro de Nagel, como já mencionamos, que é o capítulo no qual ele examina o estatuto cognitivo das teorias científicas e trata dos temas do realismo científico e do instrumentalismo. Por um lado, Nagel procura identificar três papéis principais que os modelos desempenham na atividade científica em relação às teorias; por outro, ele também faz duas ressalvas importantes quanto aos riscos de utilizar modelos. O primeiro risco é que, apesar de desempenharem papéis indispensáveis na investigação científica, os modelos podem nos dar ocasião de ir longe demais com as analogias que eles permitem fazer, atribuindo à própria teoria, como um de seus aspectos indispensáveis, um aspecto que, na verdade, não é essencial no modelo empregado. O segundo risco é o de confundirmos a teoria e o modelo, não os distinguindo clara e adequadamente (NAGEL, 1961, p. 115).

A primeira observação parece um alerta perfeitamente justificável, enquanto que a segunda poderia ser tomada como menos importante. Entretanto, o risco existe não apenas da parte do cientista profissional, naquelas ocasiões em que porventura haja apenas um modelo conhecido da teoria, mas também da parte do filósofo da ciência. Por exemplo, como veremos no próximo capítulo, a afirmação de Bas van Fraassen (entre outros defensores da abordagem semântica) de que uma teoria científica deve ser interpretada como uma família de modelos e que formular uma

teoria científica consiste em apresentar pelo menos um de seus modelos (VAN FRAASSEN, 1980; 2007, cap. 3) mostra uma tendência a identificar a teoria com seus modelos, em lugar de distinguir claramente um tipo de estrutura do outro, como insiste Nagel.³

Quanto aos três papéis desempenhados pelos modelos, segundo Nagel, eles são os seguintes: (1) a articulação de uma nova teoria, (2) a ampliação do escopo da teoria e (3) a elaboração de sistemas mais amplos de aplicação da teoria (1961, p. 107-115). Para esses três usos, os modelos são indispensáveis, seja no caso de analogias *substantivas*, seja no caso de analogias *formais*. E essa distinção é que constitui a parte mais interessante dos comentários de Nagel; ele diz:

Nas analogias do primeiro tipo [as substantivas], um sistema de elementos que possuem determinadas propriedades já conhecidas, que se presume estarem relacionadas de maneiras conhecidas, tal como expresso em um conjunto de leis para o sistema, é tomado como um modelo para a construção de uma teoria para um segundo sistema. Esse pode diferir do primeiro apenas por conter um conjunto maior de elementos, todos eles possuindo propriedades inteiramente semelhantes àquelas [dos elementos] do modelo; ou o segundo sistema pode diferir do primeiro de uma forma mais radical, sendo que os elementos que o constituem possuem propriedades não encontradas no modelo (ou, de qualquer maneira, não mencionadas nas leis formuladas para o modelo) (NAGEL, 1961, p. 110).

Embora não seja um tópico a ser discutido aqui, esse último comentário de Nagel remete à discussão que já foi feita no capítulo anterior a respeito da posição de Max Black sobre a pos-

³ Para uma crítica à posição de van Fraassen e uma discussão sobre a distinção entre teoria e modelo como estruturas distintas, embora relacionadas, além do próximo capítulo deste livro, cf. também DUTRA, 2020, cap. 4.

sibilidade de reverter metáforas e analogias e, logo, também o emprego de modelos. Em princípio, portanto, já que determinadas possíveis propriedades do primeiro sistema (empregado como modelo) não aparecem nas leis que o descrevem, o segundo sistema, por sua vez, é que poderia conduzir a fazer descobertas sobre tais propriedades do primeiro sistema. Mas Nagel não faz nenhum outro comentário a esse respeito e, aparentemente, também não se dá conta da questão envolvida.

Para ajudar a entender esse primeiro tipo de analogia, Nagel recorre a exemplos conhecidos, como o das bolas de bilhar como modelo para a teoria cinética dos gases, já discutido no capítulo anterior, ou o comportamento de corpos macroscópicos eletricamente carregados como modelo para a teoria do elétron. O mais importante – aquilo que caracteriza mais claramente, segundo Nagel, o emprego desse tipo de analogia – é, contudo, o caráter *visualizável* do sistema que é empregado como modelo (de outro). Nagel afirma:

Nesse tipo de analogia, o sistema empregado como modelo é frequentemente um conjunto de objetos macroscópicos visualizáveis. De fato, quando os físicos falam de um modelo para uma teoria, quase sempre eles têm em mente um sistema de coisas que difere basicamente em tamanho das coisas que são pelo menos aproximadamente possíveis na experiência conhecida, de forma que, em consequência disso, nesse sentido, um modelo pode ser representado pictoricamente ou na imaginação (NAGEL, 1961, p. 110).

Aqui também há certa ambiguidade na posição de Nagel; e, de fato, essa passagem não é tão clara como poderia parecer à primeira vista. Pois pode parecer que Nagel esteja se referindo ao tipo de modelo que denominamos *icônico*, isto é, uma estrutura constituída de corpos materiais. E é claro que não pode ser isso. Por exemplo, embora as bolas de bilhar sobre uma mesa possam ser tomadas como um sistema que dê ocasião para fazer a analogia

com as moléculas de um gás, não é o *sistema material* propriamente (isto é, as bolas mais a mesa de bilhar) que constitui o sistema que é o ponto de partida da analogia. De fato, o que há nesse sistema que sugere a analogia são os choques das bolas entre si e com as beiradas da mesa de bilhar, ou seja, no fundo, o comportamento das bolas sobre a mesa, isto é, os choques que elas sofrem. Assim, de fato, embora a mesa e as bolas de bilhar sejam objetos visualizáveis, como diz Nagel, o verdadeiro sistema que serve de modelo para as moléculas do gás também é uma idealização. O que interessa basicamente atribuir às moléculas do gás, *em analogia com* as bolas de bilhar, são os choques que poderiam ser perfeitamente elásticos.

De fato, é o sistema físico abstrato, de bolas perfeitamente esféricas sujeitas a choques elásticos, que serve de ponto de comparação com as moléculas do gás. Em última instância, entram em cena então três sistemas, a saber: (1) o *sistema material* das bolas sobre a mesa, que não são perfeitamente esféricas e que não exibem choques perfeitamente elásticos, (2) o *sistema físico abstrato*, que, este sim, possui aquelas propriedades, e (3) o sistema das moléculas do gás em um recipiente fechado.

O que é comparado na analogia são os sistemas (2) e (3). Isto é, o sistema (2), das bolas idealizadas, é que é *modelo para* o sistema (3) das moléculas do gás. Se o que Nagel deseja é indicar aquilo em que pensam os físicos quando fazem essa analogia, é isso o que ocorre. O sistema (1) entra em cena apenas para ajudar a imaginação, já que, efetivamente, o sistema (2) é modelo também dele. Isso decorre do fato puro e simples de que os cientistas lidam ordinariamente muito mais com idealizações do que esse tipo de exemplo sugere. São determinados sistemas idealizados que são utilizados como base de comparação ou analogia com outros sistemas, sejam estes últimos sistemas materiais (ou encontrados na experiência, ou no espaço e no tempo, digamos), sejam eles outros sistemas abstratos. Essa é uma das noções centrais da concepção de modelo nomológico que será desenvolvida no res-

tante deste livro e por isso não vamos aprofundar sua discussão agora, mas mais adiante, em especial nos capítulos 8 e 9. Os sistemas concretos, por sua vez, também possuem seu uso e sua importância científica, como também comentaremos adiante, mas na medida em que estão relacionados com sistemas abstratos ou com teorias científicas, obviamente.

Dado isso, não parece então haver, afinal, uma grande diferença entre essas analogias que Nagel denomina *substantivas* e aquelas que ele denomina *formais*, e que são caracterizadas da seguinte maneira:

No segundo tipo, formal, de analogia, o sistema que serve como modelo para elaborar uma teoria é uma estrutura de relações abstratas, em vez de um conjunto de elementos mais ou menos visualizáveis, como nas analogias substantivas, [elementos] que estão uns para com os outros em determinadas relações (NAGEL, 1961, p. 110).

Mesmo dadas nossas considerações acima sobre o que, em última instância, está em questão nas analogias substantivas, sem dúvida há uma diferença aqui e a distinção que Nagel procura fazer parece possuir uma base real. Nas analogias formais, diz Nagel, o sistema que serve de modelo para outro é, como diz ele na passagem acima, “uma estrutura de relações abstratas”, enquanto que em relação às analogias substantivas ele se referia a “um sistema de elementos”, como vimos. Assim, aparentemente, a diferença que Nagel deseja fazer notar é a ênfase que determinadas analogias dão ou aos próprios elementos de um sistema utilizado como modelo (o caso das analogias substantivas), ou às relações entre eles (o caso das analogias formais).

Entretanto, para ainda repetir palavras do próprio autor ao caracterizar as analogias substantivas, ele está falando de elementos “que possuem determinadas propriedades já conhecidas, que se presume estarem relacionadas de maneiras conhecidas, tal como expresso em um conjunto de leis para o sistema” (1961, p.

110). Ora, não deixa de haver aí a referência às relações e, mais exatamente, às leis que descrevem o comportamento dos elementos constitutivos do sistema. E, assim, no fundo, a diferença entre os dois tipos de analogia parece ser a de chamar a atenção ou para os elementos (ou as partes) de um sistema, ou para suas relações.

Nagel dá exemplos a esse respeito também, um da matemática, sobre a soma e a multiplicação de expoentes (que ele mesmo reconhece que não é muito esclarecedor) e outro da física. O exemplo mais feliz, que ele tira da história da física, é o do conceito de massa na mecânica newtoniana, que, segundo Nagel, serviu de *modelo para* a elaboração do conceito de massa na teoria da relatividade. Ele comenta então:

O exemplo ilustra como o formalismo matemático de uma teoria [a mecânica clássica] pode servir como um modelo para a elaboração de outra teoria com um escopo mais abrangente de aplicação que a teoria original. Em consequência disso, a antiga teoria resulta como um caso especial da nova, uma vez que a nova teoria exhibe aspectos que são “contínuos” (porque formalmente idênticos) com certas pressuposições fundamentais da antiga teoria (NAGEL, 1961, p. 111; aspas no original).

Independentemente de implicar o comentário de Nagel uma questão sobre a história da física que é discutível (isto é, se a mecânica newtoniana é redutível ou não à teoria da relatividade), de qualquer modo, ele serve para mostrar que o que o autor tem em mente é o formalismo matemático de uma teoria. Em outras palavras, trata-se de dar ênfase às leis ou enunciados nomológicos que descrevem o comportamento do sistema em questão. Mesmo assim, mais uma vez, torna-se difícil perceber alguma diferença realmente relevante entre os dois tipos de analogias, uma vez que no caso das analogias substantivas, como argumentamos antes (na análise acima apresentada do exemplo das bolas de bilhar e das moléculas do gás), são, em última instância, os comportamentos dos sistemas o que importa comparar. O fato de as analogias subs-

tantivas chamarem a atenção para os elementos do sistema que serve de base de comparação, enquanto as analogias formais chamam a atenção para as leis que descrevem seu comportamento, é, afinal, de pouca importância, já que seria apenas uma forma de apresentar a analogia por meio de um recurso que apela mais (no caso das analogias substantivas) ou menos (no caso das analogias formais) para a imaginação.

Em outras palavras, podemos aceitar a distinção feita por Nagel, mas, no fundo, o que ocorre em uma analogia substantiva é diferente do que ocorre em uma analogia formal apenas porque, na primeira, entra em cena um terceiro sistema (como mostramos na análise do exemplo das bolas de bilhar), enquanto que, na analogia formal, dois sistemas abstratos são comparados diretamente, sem o recurso a um terceiro sistema. No caso do exemplo evocado por Nagel para ilustrar as analogias formais, são apresentados dois sistemas inerciais, um newtoniano e outro relativista, e eles são comparados diretamente um com o outro. Assim, a analogia formal é apenas mais abstrata do que a analogia substantiva. Mas ela é mais abstrata apenas pelo fato de não recorrer a um terceiro sistema para ajudar a imaginação. Aparentemente, isso não seria necessário ao fazermos o tipo de analogia que Nagel denomina *formal* porque, dependendo do assunto, há um formalismo matemático já à disposição. Desse modo, o que marca então uma real diferença entre as ocorrências de analogias substantivas ou formais é a existência ou não de um formalismo matemático já apresentado, o que nos dispensaria de recorrer à imaginação, isto é, a outros sistemas que possam ajudar a mediar a comparação entre os sistemas que, de fato, são o foco da comparação a ser feita, um dos quais é nosso objeto presente de estudo.

3.2 Modelos analógicos e nômicos

Hempel (1977) menciona sua distinção entre modelos analógicos e os modelos que vamos denominar *nômicos* no texto em que comenta a concepção de Nagel. Ele diz o seguinte:

Alguns autores concebem uma teoria científica como possuindo um terceiro componente, além do cálculo e das regras de correspondência. Nagel se refere a ele como um “modelo para o cálculo abstrato, que confere alguma carne à estrutura do esqueleto em termos de material conceitualizável mais ou menos conhecido”. Nesse sentido, os modelos que vamos considerar agora devem ser claramente distinguidos dos modelos analógicos, tal como a representação de uma corrente elétrica em uma rede de fios de diferentes resistências pelo fluir de um líquido através de uma rede de canos de diferentes espessuras. A analogia aqui consiste em um isomorfismo entre as leis que dirigem os dois processos: nos aspectos nômicos relevantes, mostram-se as correntes elétricas a se comportarem “como se” elas consistissem no fluir de um líquido. Os modelos analógicos podem ser de considerável valor didático e heurístico, mas não são essenciais para a formulação e a aplicação de uma teoria. As leis para as correntes elétricas, por exemplo, podem ser enunciadas sem qualquer apoio no modelo hidrodinâmico; e, quaisquer que sejam os fenômenos elétricos que possam ser explicados pela teoria em questão, eles o são pelas leis para as correntes elétricas, e não, é claro, por suas correspondentes hidrodinâmicas (HEMPEL, 1977, p. 251s; a citação de Nagel contida no texto, na qual falta o termo “visualizável”, é de NAGEL 1961, p. 90, que também apresentamos acima neste capítulo).

A respeito dessa passagem de Hempel, em primeiro lugar é preciso notar que ele é levado em parte por aquela ambiguidade do termo “modelo” que é comum e da qual Nagel também não se livra. Como vimos acima, Hempel cita o texto de Nagel no qual esse último explica o que entende pelos modelos como o terceiro componente das teorias, referindo-se, portanto, aos modelos conjuntistas ou semânticos, como já comentamos na seção anterior. Mas, em segundo lugar, mesmo assim, Hempel captou a ideia central de Nagel. Isto é, Hempel atribui aos modelos que desempenham aquele papel de ajudar a desenvolver e expandir a teoria uma similaridade de comportamento com os sistemas a serem mais bem entendidos, ou seja, justamente o aspecto nômico.

Como diz Hempel, o isomorfismo que interessa é aquele entre as leis que descrevem os comportamentos dos dois sistemas que são comparados.⁴

A confusão terminológica continua aqui, contudo, uma vez que Hempel toma os modelos que ele denomina *analógicos* como modelos que possuiriam valor apenas didático e heurístico. Ora, se Hempel se refere aos modelos utilizados nas analogias substantivas das quais fala Nagel, então há um valor heurístico certamente, como vimos, mas não meramente didático. Pois tais modelos auxiliam na descoberta de aspectos ainda não conhecidos do sistema para o qual outro sistema é utilizado como modelo nas analogias substantivas. E, como vimos na seção anterior, o que ocorre é apenas que, de fato, um terceiro sistema é evocado, aquele que possui elementos visualizáveis, apesar de Nagel não se dar conta desse fato. Isso não impede, contudo, que haja também uma comparação entre os comportamentos dos sistemas.

Por outro lado, como também vimos, é verdade que, ao comentar sobre as analogias substantivas, Nagel quis enfatizar mais uma comparação entre os elementos constituintes de cada sistema. E, a nosso ver, foi isso o que também chamou a atenção de Hempel ao tomar ele tais modelos como aqueles utilizados para que um isomorfismo entre as partes constituintes dos sistemas seja estabelecido, como deixa claro seu exemplo da comparação entre uma rede de fios pelos quais passa a corrente elétrica e uma rede de canalização.

De qualquer modo, confusões à parte, a distinção proposta por Hempel na passagem acima citada também é interessante e de valor para o entendimento dos modelos científicos e de seus papéis na atividade investigativa. Pois, tomando então a distinção de Hempel, em primeiro lugar, teríamos analogias que consistem na comparação entre as estruturas de dois sistemas, como no

⁴ Cf. também HEMPEL, 1965, p. 435-438, texto que comentaremos abaixo, neste capítulo.

exemplo das constituições semelhantes da rede de fios e da rede de canos, caso no qual um dos sistemas pode ser então denominado um modelo *analógico* do outro. Mas, em segundo lugar, teríamos aquelas analogias que fazem uma comparação entre os comportamentos dos sistemas, descritos em diferentes leis, caso em que teríamos então um dos sistemas a ser denominado um modelo *nômico* do outro.

E se assim for, o que também poderemos concluir dos comentários de Hempel, mais uma vez, confusões terminológicas à parte, é que o papel científico dos modelos nômicos é superior. Podemos dizer mesmo que o uso de modelos analógicos, no sentido acima especificado, seria um primeiro passo, às vezes necessário, para chegar ao uso de modelos nômicos. Por exemplo, conceber uma rede elétrica em analogia com uma rede de canalização seria uma primeira etapa da investigação que, mais tarde, levaria a comparar os comportamentos dos dois sistemas e a chegar a formular as leis que dirigem o comportamento do sistema menos conhecido a partir do conhecimento das leis que dirigem o comportamento do sistema mais conhecido. Se o objetivo é, como diz Hempel, chegarmos a dar explicações convincentes para certos fenômenos, o ideal é estarmos em posição de formular aqueles enunciados nomológicos que descrevem tais fenômenos, como ele deixa claro em outro texto (HEMPEL, 1965, p. 433s).

A questão que poderíamos a essa altura colocar é se podemos ter modelos nômicos que prescindam de modelos analógicos, ou seja, analogias que permitam comparar os comportamentos de dois sistemas independentemente das analogias que comparam suas partes. Ora, em princípio nada parece impedir que isso ocorra, embora, por outro lado, também seja compreensível que a constatação de certa similaridade ou isomorfismo das partes dos dois sistemas comparados é que conduza a levantar a hipótese de eles também guardarem entre si uma similaridade de comportamento.

Os comentários muitos mais extensos de Hempel sobre as analogias e os modelos em *Aspects of Scientific Explanation* (1965) deixam claro que é uma espécie de isomorfismo entre as leis, que ele denomina *isomorfismo sintático*, ou seja, uma similaridade *formal* entre as leis, como ele também diz (1965, p. 435s), o ponto central a ser discutido sobre os modelos nômicos, pois nisso reside sua principal contribuição para a atividade científica.

Hempel dá como exemplo dessa similaridade sintática ou formal entre as leis que dirigem os fenômenos em dois sistemas comparados a lei de Ohm para a corrente elétrica em um condutor metálico, que, segundo Hempel, possui a mesma forma da lei de Poiseulle para líquidos em uma canalização. A lei de Ohm, diz Hempel (1965, p. 435), relaciona a corrente elétrica (I) com a diferença de potencial nas extremidades de um fio ($v_1 - v_2$) da mesma maneira que a lei de Poiseulle relaciona o volume (V) de líquido que passa por uma seção vertical de um cano bem fino com a diferença de pressão nas extremidades do cano ($p_1 - p_2$), de tal forma que temos:

$$V = c \cdot (p_1 - p_2) - \text{Lei de Poiseulle}$$

$$I = k \cdot (v_1 - v_2) - \text{Lei de Ohm}$$

A analogia se estende também, diz Hempel, à interpretação das constantes c e k que aparecem, respectivamente, nas duas equações (1965, p. 435); mas vamos deixar de lado os detalhes a esse respeito. Depois de apresentar esse exemplo, Hempel comenta então:

Assim, a analogia em virtude da qual o fluir de um fluido constitui aqui um modelo para o fluir de uma corrente [elétrica] pode ser caracterizada da seguinte maneira: um certo conjunto de leis que regem o primeiro fenômeno possui a mesma estrutura sintática que o conjunto correspondente de leis que regem o outro fenômeno; ou, mais explicitamente: os termos empíricos (isto é, aqueles que não são nem lógicos, nem matemáticos

[as constantes físicas]) que ocorrem no primeiro conjunto de leis podem corresponder perfeitamente, um a um, àqueles do segundo conjunto de tal forma que, se em uma das leis do primeiro conjunto cada termo é substituído por seu correspondente, obtém-se uma lei do segundo conjunto; e vice-versa. Dois conjuntos de leis desse tipo serão tomados como sintaticamente isomorfos. Resumidamente, então, a similaridade relevante ou “analogia” entre um modelo do tipo aqui considerado e o tipo de fenômeno modelado consiste em um *isomorfismo nômico*, isto é, um *isomorfismo sintático entre os dois correspondentes conjuntos de leis*. A noção de modelo assim obtida não se limita aos sistemas físicos, é claro; podemos falar, no mesmo sentido, também de “modelos analógicos” elétricos, químicos e outros mais (HEMPEL, 1965, p. 435-436; aspas e itálicos no original).

Segundo Hempel, essa é a ideia que ele vê expressa nos escritos, por exemplo, de Lord Kelvin e Maxwell, aquela posição combatida por Duhem, como foi comentado no capítulo anterior. Para Hempel (1965, p. 438), Duhem não percebeu que as analogias científicas que ele admite como úteis e valiosas possuem exatamente esse caráter formal ou sintático, levando a formular as leis de um domínio menos conhecido a partir das leis daquele domínio mais conhecido, cujos sistemas são utilizados como modelos daqueles sistemas que desejamos conhecer mais.

Mais que isso, afirma ainda Hempel (1965, p. 440s), a descoberta do isomorfismo sintático entre os diferentes conjuntos de leis se mostra valiosa também para outros propósitos da atividade científica, como a economia conceitual, a eficiência pragmática das explicações e como guias (ou recursos heurísticos) na descoberta de novos princípios explicativos. Os modelos meramente analógicos – ou seja, aqueles que não permitem alcançar o isomorfismo sintático ou formal entre as leis – não são tão úteis ou eficientes como recursos para a pesquisa. Analisaremos essa noção de isomorfismo e a noção correlata de homomorfismo no próximo capítulo, ao tratarmos das concepções de Patrick Suppes e de Bas van Fraassen.

3.3 A prioridade dos modelos nômicos

Peter Achinstein (1971, cap. 8) faz críticas às ideias sobre modelos de Nagel e de Hempel que analisamos neste capítulo. Não vamos nos ocupar dessas críticas, uma vez que elas não dizem respeito ao aspecto que desejamos discutir aqui, isto é, o caráter nômico dos modelos científicos. O que Achinstein critica nesses dois autores, assim como em outros (tais como R. B. Braithwaite, M. Brodbeck e E. H. Hutten, também mencionados por ele), é o fato de que esses autores, sendo representantes daquela concepção que ele denomina *teoria semântica dos modelos*, deixam de apresentar uma adequada teoria geral dos modelos (ACHINSTEIN, 1971, p. 249s). De qualquer forma, Achinstein também reconhece alguns méritos das discussões de Hempel e Nagel sobre os modelos, embora ele não enfatize o ponto que nos interessa.

Embora Achinstein tenha escrito na época em que eram conhecidas as ideias de Patrick Suppes (um dos iniciadores da concepção semântica das teorias científicas, que comentaremos no próximo capítulo), e mesmo que Suppes seja também citado por Achinstein como um autor ligado àquela concepção que ele deseja criticar, ele está se referindo não a essa nova abordagem, mas à antiga abordagem axiomática, tal como ela é (re)formulada por Nagel, por exemplo, que, como vimos, inclui os modelos como um elemento essencial das teorias científicas. Assim, dados os desenvolvimentos posteriores na filosofia da ciência, a expressão que Achinstein utiliza para se referir a Nagel, Hempel e outros é completamente inadequada. Apesar de não acharmos necessário discutir as críticas de Achinstein às concepções de modelo científico desses autores, como dissemos, o próprio Achinstein apresenta, por outro lado, uma tipologia dos modelos que não deixa de ser interessante e que discutiremos no capítulo 9, embora a consideremos também problemática, como veremos.

Vamos entender aqui então por *modelo nômico* aquele sistema cujo comportamento ajudaria a compreender o comportamento de outro sistema estabelecendo o isomorfismo entre as leis que dirigem os dois sistemas comparados. Nesse sentido, os modelos que Nagel diz estarem presentes nas analogias formais também são modelos nômicos para outros sistemas, como naquele exemplo por ele dado sobre a noção de massa na mecânica clássica e na teoria da relatividade. Nesse caso, é o formalismo matemático que interessa; as leis são o ponto essencial da comparação, tal como também vimos, na seção anterior, a respeito da noção apresentada por Hempel. Em outras palavras, na medida em que o uso de modelos nômicos visa ao conhecimento do comportamento de certo sistema, sendo tal comportamento descrito por leis ou enunciados nomológicos, tais enunciados é que constituem o foco de nosso interesse e nosso uso de modelos nômicos.

Está claro, portanto, que o modelo é *nômico* quando apresentado por meio de enunciados nomológicos ou leis, ou juntamente com isso, mesmo que seja feita também uma comparação entre as partes ou elementos do sistema com outro, como nas analogias substantivas, nas quais identificamos então um modelo apenas analógico.

É esse tipo de modelo que pode cumprir um dos papéis importantes que, segundo o próprio Nagel, um modelo pode possuir na atividade de ampliar o escopo e a validade de aplicação das teorias, ou seja, o segundo dos três usos de modelos na atividade científica dos quais fala Nagel. Ele diz:

Em primeiro lugar, o trabalho do cientista teórico não está completo quando ele simplesmente formula os principais pressupostos da teoria. Tais pressupostos devem ser explorados na busca das conseqüências que possam levar à explicação sistemática das diversas leis experimentais, na busca de sugestões concernentes às direções a serem seguidas em novas áreas de pesquisa experimental e às indicações de como as formulações de leis experimentais precisam ser modificadas de modo a aumen-

tar o escopo de sua aplicação válida. Enquanto o conhecimento experimental estiver incompleto e a teoria continuar a ser profícua como guia para outras pesquisas, aquelas serão tarefas que não vão estar completamente cumpridas; e em todas essas tarefas os modelos continuam a desempenhar papéis importantes (NAGEL, 1961, p. 112-113).

Além disso, diz ainda Nagel, os modelos para uma teoria podem também sugerir em que pontos as regras podem ser introduzidas para estabelecer correspondências entre as noções teóricas e experimentais (1961, p. 113). Obviamente, as regras de correspondência já são um dos elementos básicos das teorias, como vimos, mas a questão examinada por Nagel é então como podemos chegar a formular tais regras. Apenas o fato de, por exemplo, uma teoria já contar com postulados elaborados, por si só, não conduz às regras de correspondência. Para chegar a elas, os próprios modelos semânticos ou interpretações (o terceiro elemento apontado por Nagel) também podem contribuir. Mas mais importante é que mesmo na ausência de tais interpretações (ou modelos semânticos) para os postulados, podemos chegar às regras graças aos modelos empregados nas analogias. De fato, sobre isso Nagel comenta:

Se a teoria fosse formulada como um conjunto de postulados não interpretados, não exibindo nem mesmo uma analogia formal com algum sistema já conhecido de relações abstratas, a formulação não daria nenhuma indicação de como a teoria poderia ser aplicada a problemas físicos concretos. O exemplo de tal cálculo abstrato, que foi apresentado no capítulo precedente, torna evidentes as dificuldades que quase todos encontrariam para tornar profícuos os usos daquele cálculo se fosse completamente desconhecido qualquer modelo para os postulados (NAGEL, 1961, p. 113).

Em outras palavras, se ao apresentar os postulados de uma teoria o cientista não contasse com a ajuda de modelos conjuntis-

tas ou semânticos, então não haveria outra forma de fazer contato com situações experimentais e de observação a não ser recorrendo a um modelo do tipo que é utilizado nas analogias formais, ou seja, os modelos que temos denominado *nômicos*.

A nosso ver, em seus comentários sobre os modelos científicos, Nagel vai muito mais longe do que, aparentemente, ele pretendia. De fato, se os modelos *nômicos* (presentes nas analogias formais) são tão importantes, não haveria por que não os incluir como um quarto elemento essencial das teorias científicas, em acréscimo aos outros três indicados por Nagel. Pois, de fato, até mesmo na ausência de modelos semânticos ou interpretações para os postulados, podemos aplicar esses últimos com a ajuda de modelos *nômicos*, tal como sugere o comentário de Nagel acima reproduzido.⁵

Retomando os principais pontos que discutimos neste capítulo, podemos dizer então que os modelos *nômicos* – aqueles presentes nas analogias formais e que estabelecem o isomorfismo que Hempel denomina *sintático* – desempenham, obviamente, um papel mais importante na atividade científica que aqueles aos quais as analogias substantivas dizer respeito. Isto é, eles são prioritários em relação aos modelos analógicos ou, melhor dizendo, àqueles modelos que fazem uma comparação entre sistemas apenas em relação às suas constituições ou aos seus arranjos das partes.

Além disso, tal como sugere nossa discussão acima em que apontamos a presença de um terceiro sistema nas analogias substantivas discutidas por Nagel, de fato, é o aspecto *nômico* do uso de modelos o que mais importa, uma vez que pelo menos implicitamente ele também está presente nas analogias substantivas. Tal

⁵ Esse é um ponto que discutimos em DUTRA, 2020, cap. 4, embora sem mencionarmos a posição de Nagel, quando afirmamos que os modelos científicos sempre estão presentes na atividade científica, enquanto que apenas algumas vezes podemos, de fato, apresentar modelos conjuntistas ou interpretações para a teoria.

vez seja então mais conveniente falarmos dos aspectos *nômico* (relativo aos comportamentos dos sistemas) e *analógico* (relativo às partes dos sistemas). E como, a nosso ver, mais importante do que apontar a similaridade do arranjo de partes ou elementos dos sistemas comparados é mostrar a similaridade de seus comportamentos, porque o primeiro procedimento deve conduzir ao segundo, como sugere Hempel, o aspecto nômico é claramente prioritário no entendimento do que são os modelos científicos.

Esse aspecto é essencial também naqueles modelos que, nos capítulos posteriores deste livro, vamos denominar *modelos nomológicos* (ou *modelos-réplica*; cf. DUTRA, 2020, cap. 4 e 8). Mas esses modelos reúnem, a nosso ver, mais aspectos importantes que apenas esses já destacados pelas noções que vimos até aqui, aspectos que aparecerão nas discussões dos próximos capítulos.

No sentido que daremos à expressão “modelo nomológico”, podemos dizer que todo modelo nomológico é também um modelo nômico, mas não vice-versa, uma vez que para ser nomológico um modelo deve possuir outras características que aquela que o identifica como modelo nômico. Por exemplo, um modelo nomológico também deve ser um *projeto de máquina nomológica*. Essa última noção, assim como outras que estão associadas aos modelos nomológicos, tem seu entendimento na dependência ainda das discussões dos capítulos 4 a 6 abaixo.

Por fim, como também veremos, os modelos científicos não são, a nosso ver, apenas projetos de máquinas nomológicas (tal como propõe Nancy Cartwright; cf. cap. 5, abaixo), mas também, como procuraremos mostrar, eles próprios são *máquinas nomológicas abstratas*.

Sistemas físicos ideais

A concepção semântica na interpretação das teorias científicas, defendida por diversos autores a partir da década de 1970, tem como seus principais expoentes Bas C. van Fraassen, Frederick Suppe e Ronald Giere. A característica principal dessa concepção ou abordagem consiste em propor o entendimento das teorias científicas como coleções de modelos. Neste capítulo vamos comentar as versões da concepção semântica de van Fraassen e de Suppe, deixando para o próximo a de Giere, uma vez que sua concepção dos modelos científicos está mais próxima daquela de Nancy Cartwright, uma vez que possui um viés mais pragmático, que não encontramos nas versões dos outros dois autores. Como salienta C. Ulises Moulines (2006, cap. 6), há uma variedade de concepções modelísticas, todas elas tendo inspiração nas ideias antes defendidas por Patrick Suppes. As que mencionamos aqui são algumas delas, aquelas que nas últimas décadas ficaram mais conhecidas.¹

Entretanto, nem todos os autores ligados à abordagem semântica apresentam uma concepção clara do que seria um modelo científico, para explicar melhor a ideia geral que todos defendem, a saber, que uma teoria científica deve ser interpretada como uma coleção de modelos, ao contrário da abordagem axiomática ou sintática que eles criticam, abordagem que remonta aos positivistas lógicos, para os quais uma teoria científica seria uma coleção de axiomas. Isso é em grande medida uma simplificação

¹ Como assinala em seu livro o próprio Moulines (2006, cap. 6), a concepção de Nancy Cartwright, da qual trataremos no próximo capítulo, é uma concepção também modelística, mas não está associada à abordagem semântica, sustentada pelos outros autores aqui mencionados.

enganadora, pois, como vimos no capítulo anterior, autores usualmente associados à concepção axiomática das teorias, como Nagel e Hempel, também incorporam a noção de modelo e a discutem em sua tentativa de interpretar a estrutura das teorias científicas.

Mesmo assim, segundo Suppe, que critica diretamente as concepções de modelo científico de Hesse e Nagel, tais concepções de modelos apresentadas anteriormente à abordagem semântica não contribuem realmente para uma visão alternativa e inovadora da ciência. A nosso ver, isso é um exagero injustificável de Suppe e não faz jus às contribuições de Nagel e Hesse para o entendimento do papel dos modelos na prática científica. Apesar de Suppe também apresentar, por sua vez, como veremos, uma noção interessante – a de sistema físico abstrato –, de um ponto de vista pragmático, as contribuições de Hesse e Nagel, entre outros, na verdade, nos parecem mais relevantes, uma vez que elas têm mais em conta a prática científica.

Na tentativa de encontrar elementos comuns entre as concepções de alguns dos autores ligados à abordagem semântica e aquela que pretendemos defender neste livro, e que será objeto de uma análise mais detalhada nos próximos capítulos, a concepção que mais nos interessa é, de fato, aquela defendida por Suppe. Contudo, ao empregar o próprio termo “modelo” e algumas expressões nas quais ele ocorre, Suppe mais dificulta o entendimento daquilo que é para ele um modelo e não ajuda muito a compreender sua ideia principal. Mas sua noção de sistema físico abstrato, por sua vez, enquanto uma idealização nomológica, é suficientemente clara, como veremos.

A nosso ver, por outro lado, van Fraassen é o autor que menos contribui para uma compreensão dos modelos científicos que possa apresentá-los de modo diferente dos modelos semânticos e matemáticos dos quais falamos no capítulo 2 – fato bastante irônico, uma vez que ele é visto como o principal nome ligado à abordagem semântica desde os anos 1980. Apesar de van Fraassen

procurar esclarecer diversas vezes, em alguns de seus livros e artigos, qual é sua concepção dos modelos em termos dos quais ele pretende interpretar as teorias científicas, sua concepção, afinal, não é outra diferente daquela de modelo matemático, como fica claro em seu último livro, *Scientific Representation* (VAN FRAASSEN, 2008), como veremos.

Os modelos de que fala van Fraassen em sua versão da abordagem semântica, de fato, são entidades abstratas tanto quanto os sistemas físicos abstratos dos quais fala Suppe, mas apenas porque, segundo van Fraassen (2008, p. 238; cf. também p. 252), todas as entidades abstratas são entidades matemáticas (sic). Ora, esse é um ponto no qual discordamos desse autor, como argumentaremos adiante neste capítulo e nos demais deste livro, em especial no capítulo 8.

Apesar da concepção, a nosso ver, equivocada de van Fraassen dos modelos científicos, sua discussão nos ajuda a abordar outra questão estreitamente ligada às concepções comuns de modelos, isto é, o fato de que os modelos científicos são normalmente encarados como representações. Embora a concepção que desejamos defender neste livro seja aquela segundo a qual os modelos científicos não são *apenas* representações de outras estruturas – mas eles mesmos são estruturas que podem ser estudadas independentemente de seu papel representacional –, eles são certamente *também* representações ou, melhor dizendo, desse modo também podem ser entendidos; pelo menos alguns tipos de modelos são representações de outras estruturas.

Vale lembrar aqui uma trivialidade pragmática sobre os signos e a linguagem em geral, a saber, que determinado objeto é representação de outro para determinado usuário de uma linguagem ou sistema de signos. Ora, um dos pontos que devemos discutir nos próximos capítulos é justamente em que medida e como um modelo representa outra estrutura da qual ele é modelo, o que envolve necessariamente os usuários do modelo. Outra questão é se, de fato, todos os modelos se prestam a ser representações.

Embora, em princípio, qualquer objeto possa ser eleito como signo ou estrutura destinada a representar outra, na prática científica as teorias delimitam os objetos que são elegíveis para esse papel. Logo, nem todo modelo será uma representação *eo ipso*.

4.1 A concepção semântica

A concepção ou abordagem semântica da qual temos falado tem início na obra de Patrick Suppes, como já foi mencionado. A noção de modelo que ela envolve na versão originária de Suppes – isto é, os modelos conjuntistas ou semânticos – é uma noção representacional. Os modelos conjuntistas são estruturas que permitem interpretar uma linguagem (de primeira ordem, por exemplo), como já discutimos no capítulo 1. A ideia intuitiva é que tais estruturas permitem fazer esse tipo de interpretação porque, ao serem elaboradas, ganham a mesma estrutura ou forma de determinada situação no mundo ou daquela parte do mundo da qual fala determinada teoria.

Está associada a essa concepção dos modelos semânticos a ideia de isomorfismo, um dos aspectos enfatizados por van Fraassen em sua primeira defesa da concepção semântica, na apresentação de seu empirismo construtivo. Como veremos adiante, van Fraassen (1980; 2007, cap. 3, §9) argumenta que se uma teoria é empiricamente adequada – noção que ele deseja introduzir em substituição à noção de verdade (aproximada) dos realistas científicos – então pelo menos um de seus modelos possui subestruturas empíricas que são isomorfas às aparências.²

Como argumenta Moulines (2006, p. 118), a noção matemática de isomorfismo é um tanto forte para aquilo que van Fra-

² Além do livro do próprio van Fraassen (1980; 2007), hoje amplamente conhecido e debatido, e além de outras publicações sobre o debate em torno do realismo científico e do empirismo construtivo em relação às posições realistas, pode-se consultar DUTRA, 2017a, cap. 4.

assen e, antes dele, Suppes pretendem ao correlacionarem os modelos com determinadas partes do mundo. A noção mais apropriada – e também matemática –, diz Moulines, seria a de *homomorfismo*. A razão disso, como enfatiza Moulines, é que toda teoria científica deve produzir algum tipo de abstração, no sentido de desconsiderar alguns aspectos daquela situação para a qual desejamos algum entendimento, para o que exatamente elaboramos um modelo da teoria. Como veremos adiante neste capítulo, Frederick Suppe procura também enfatizar esse caráter abstracionista das teorias científicas e, logo, também dos sistemas físicos abstratos dos quais ele fala. Assim, a este respeito, Moulines faz o seguinte comentário:

Na representação científica, esforçamo-nos para fazer de tal modo que os modelos da teoria, que são eles mesmos estruturas, representem o mais bem possível esses domínios estruturados que são dados empiricamente. Entretanto, também não podemos supor que na representação haja um acordo estrutural total entre o domínio representado e o modelo. Tratar-se-ia, nesse caso, de uma relação de *isomorfismo*; enquanto que, para empregarmos um termo técnico da matemática, melhor dizendo, trata-se de uma relação de *homomorfismo* – uma forma de relação mais “fraca” que o isomorfismo, e que produz um tipo de assimetria entre o representado e o representante... (MOULINES, 2006, p. 118).

Os termos “isomorfismo” e “homomorfismo”, como se sabe, provêm da matemática. De fato, do ponto de vista matemático, isomorfismo é um dos casos de homomorfismo, e ambas as noções são difíceis de definir fora de um contexto técnico preciso, tal como temos em alguns ramos da matemática, como a álgebra. Contudo, a ideia intuitiva ligada ao emprego desses termos é a de que duas estruturas guardam entre suas partes as mesmas relações. De fato, na álgebra, um homomorfismo é uma função que preserva a estrutura, de tal maneira que determinadas relações do contexto original de objetos que tomamos em consideração pos-

sam também ser preservadas. Temos um caso de isomorfismo quando a função é bijetora, isto é, quando uma função e sua função inversa são homomorfismos.³

Intuitivamente, a ideia é sugestiva quando se trata de comparar duas estruturas diferentes tomando uma como modelo da outra, tal como nas analogias, como vimos nos capítulos anteriores, porque esperamos encontrar entre os elementos ou partes de uma estrutura as mesmas relações que há entre os elementos ou partes da outra estrutura, como pode ocorrer, por exemplo, quando comparamos um mapa detalhado das linhas de metrô de uma cidade com um diagrama simplificado, como aquele que está exposto nas estações e vagões dos trens do metrô. Esse último, mesmo não sendo uma cópia fiel do mapa detalhado e nem, obviamente, do terreno mapeado, deve indicar as mesmas relações entre as linhas do metrô e as estações. Um exemplo como esse ajuda a imaginação, mas um tratamento algébrico desse caso poderia resultar em um homomorfismo, isto é, justamente numa função que preserve a estrutura. E o mesmo exemplo sugere que não se trataria provavelmente de um caso de isomorfismo.

Um pouco diferente é, contudo, o caso de aplicar essas noções matemáticas aos modelos semânticos, contexto no qual esse uso das noções seria mais apropriado, uma vez que os modelos semânticos são de fato, como sabemos, apresentados em termos conjuntistas. Assim, do ponto de vista adotado por Suppes

³ Pode reaparecer aqui a questão já discutida no capítulo anterior sobre a possibilidade de reverter a relação de analogia, isto é, quando temos uma estrutura que é modelo de outra, se esta última também poderia ser modelo da primeira. Em termos matemáticos, podemos dizer então que isso será possível se tivermos um caso de isomorfismo, isto é, de homomorfismo em ambas as direções. Como não é isso, obviamente, o que se pretende ao apresentar um modelo conjuntista ou semântico, então a noção apropriada nesse contexto seria a de homomorfismo, como argumenta Moulines, ainda que, como veremos a seguir, também haja problemas com essa noção a respeito dos modelos científicos.

inicialmente, mesmo num sentido matemático mais exato, faria sentido então apelar para as noções de homomorfismo e isomorfismo.

Contudo, mesmo o homomorfismo, argumenta Moulines no mesmo texto já citado, é irrealizável na maior parte das vezes. E isso fez que os defensores da abordagem semântica acabassem recorrendo à noção de encaixamento (*embedding*),⁴ uma noção utilizada também por Suppes e, depois, igualmente empregada por van Fraassen, como veremos. Ora, o encaixamento é pura e simplesmente o fato de que determinado modelo passa a ser um submodelo de um modelo matemático, que é exatamente o que van Fraassen alega para os modelos que ele denomina *superficiais* em relação aos modelos que ele denomina *teóricos*. Deixamos uma análise mais detalhada dos argumentos de van Fraassen a este respeito para a próxima seção.

De fato, voltando às noções mais intuitivas, para Suppes e seus seguidores os modelos conjuntistas seriam formas de representação de partes da realidade. Eles são a forma por meio da qual as teorias científicas podem, elas mesmas, então, representar tais partes da realidade. Estamos deixando de lado aqui os aspectos mais técnicos (mas cf. SUPPES, 1962 e 1993), no sentido matemático, e apenas enfatizando aqueles aspectos de caráter mais epistemológico que são mais centrais a essa concepção.

Contudo, a noção de representação envolvida nessa concepção – que, à primeira vista, seria aquela que intuitivamente nos é dada também no senso comum e numa espécie de senso comum científico e filosófico – não está de forma alguma isenta de complicações, embora, obviamente, não seja aquela ideia ingênua de uma representação pictórica, tal como na concepção da ciência

⁴ Esse mesmo termo (“encaixamento”) será utilizado nos últimos capítulos deste livro em outro sentido, referindo-se então ao fato de que determinados contextos sociais se ajustam nomologicamente a determinado sistema social. Cf. também DUTRA, 2006c e 2020, cap. 3.

como uma espécie de *espelho* da realidade. Como sugere o exemplo acima dado dos mapas das linhas de metrô, o que uma teoria e seus modelos representam é a *estrutura* de determinado estado de coisas, digamos.

Os esforços filosóficos mais recentes de van Fraassen se concentraram justamente nesse ponto, do qual ele se ocupa extensamente em seu livro *Scientific Representation* (2008). O seu empenho no livro é procurar mostrar como podemos sustentar tal noção representacionista de um ponto de vista empirista, isto é, do ponto de vista de seu empirismo construtivo, para o qual a noção de modelo é tão central, sem recair na noção ingênua de uma representação como espelhamento. E para isso ele recorre aos conceitos antes utilizados pelo próprio Suppes, como a noção de *modelo de dados* e de *encaixamento*, em parte, tentando refinar a ideia de homomorfismo entre um modelo de determinada teoria e uma situação que é por ele modelada, em parte, tentando tornar tal ideia aceitável para o empirista, mesmo estando ela ligada ao que recentemente alguns autores defendem sob o rótulo de *realismo estrutural*.

Apesar dos recentes esforços de van Fraassen para tornar a noção de correspondência estrutural entre um modelo e uma parte da realidade palatável para o empirista, via o encaixamento, em modelos *teóricos*, de *modelos de dados* e daqueles modelos que ele denomina *modelos superficiais* (sendo os modelos *teóricos* assim denominados apenas porque são os modelos matemáticos que pertencem a determinada teoria), como van Fraassen reconhece por fim, isso não resulta em nada mais do que o encaixamento de uma estrutura matemática em outra, o que é possível graças ao homomorfismo de tais estruturas. Assim, em última instância, o que uma estrutura matemática representa é apenas outra estrutura matemática – um resultado que o empirista, sem dúvida, está disposto a aceitar, mas que é certamente menos do que pretendem tanto o empirismo construtivo de van Fraassen quanto a abordagem semântica em geral.

Contudo, esse é o ponto final (até o momento) das reflexões de van Fraassen a respeito dos modelos científicos. Vamos dedicar a próxima seção a uma investigação mais minuciosa de sua concepção de modelo científico, desde os anos 1980, com o livro *A imagem científica* (VAN FRAASSEN, 1980 e 2007). A nosso ver, ele não mantém a mesma concepção de modelo e há mesmo certo *progresso*, na medida em que ele passa de comentários mais gerais e mais obscuros para outros mais específicos e claros. Mas, em última instância, trata-se do abandono de determinada concepção de modelo – a de *espaço de estados*, que ele empresta de E. W. Beth, e que é uma concepção física, assim como aquela defendida por Frederick Suppe – para abraçar uma noção de natureza puramente matemática. De fato, aquela primeira concepção de modelo defendida por van Fraassen nos anos 1980 pode ainda ser aproximada daquela de Suppe de sistema físico abstrato. Mas ela não é mais a concepção *oficial* de van Fraassen, digamos.

4.2 Estruturas matemáticas

Além dos comentários de van Fraassen sobre modelos no próprio livro no qual, ao definir sua concepção de adequação empírica, ele recorre à noção de modelo, isto é, *A imagem científica* (1980 e 2007), os textos que supostamente poderiam ajudar a elucidar a noção de modelo que ele emprega estão em seus livros posteriores, a saber, *Laws and Symmetry* (1989), *Quantum Mechanics, an Empiricist View* (1991, esp. cap. 1) e, mais útil que os anteriores, *Scientific Representation* (2008), além do artigo *Representation: The Problem for Structuralism* (2006) que, quase em sua totalidade, está reproduzido com acréscimos no último livro acima mencionado.

É impressionante como, mesmo quando deseja responder a seus críticos especificamente a respeito de sua concepção de modelo científico, van Fraassen sempre parece perder o ponto fundamental, isto é, a própria noção de modelo, dando a impres-

são de que ou ele se vale deliberadamente da ambiguidade do termo “modelo”, ou realmente não consegue perceber que há diferentes noções e que a questão principal é saber a qual delas ele quer se referir. A interpretação mais caridosa possível que podemos ter diante de tudo isso é que talvez ele tenha sempre em mente os modelos semânticos como aquele tipo de estrutura relacionada com a adequação empírica, mas que recai inadvertidamente na noção comum e pictórica de modelo. Mas mesmo essa interpretação caridosa – que expressaria a impressão que poderia dar, por exemplo, a leitura do capítulo 1 de *Quantum Mechanics* (1991) – não se ajusta completamente ao restante dos textos já mencionados, pois, como já dissemos, van Fraassen parece partir, em *A imagem científica* (1980 e 2007), de uma noção física de modelo, a de espaço de estados, que ele empresta de Beth, e que abandona em favor de uma noção puramente matemática, como veremos.

A impressão de que van Fraassen oscila entre o sentido mais exato de *modelo semântico ou conjuntista* e uma noção comum e imprecisa de *modelo científico* se dá também na leitura do capítulo 3 de *A imagem científica*, exatamente numa seção intitulada “Modelos” (1980, p. 41-44; 2007, p. 84-89), na qual entra em cena um tipo mais abstrato de estrutura.⁵ De fato, van Fraassen começa sua exposição ali apresentando uma estrutura geométrica (a geometria dos sete pontos) que, segundo ele, é um modelo da geometria

⁵ Apresentamos uma análise desse ponto em DUTRA, 2020, cap. 4, mostrando que a geometria dos sete pontos é, de fato, uma estrutura abstrata, mas não do mesmo tipo que os modelos conjuntistas, embora ambos sejam estruturas matemáticas. Cf. também DUTRA, 2005b e ainda DUTRA, 2008. Como já deixamos claro nesses textos e também nos capítulos anteriores do presente livro, ponto que retomaremos nos capítulos posteriores, a nosso ver, há diferentes tipos de estruturas abstratas, sendo algumas delas as entidades matemáticas, outras, as entidades linguísticas e, além dessas, os modelos científicos ou nomológicos, que também denominamos *modelos-réplica*.

euclidiana, uma vez que satisfaz os axiomas de Euclides nos *Elementos*. Não faremos aqui uma análise detalhada desse caso, com o intuito de mostrar que esse não é um bom exemplo para van Fraassen explicar o que ele quer dizer ao empregar o termo “modelo”. Vamos dar esse ponto por resolvido e passar aos outros aspectos que sua discussão naquele texto envolve.

Logo depois de apresentar esse exemplo da geometria dos sete pontos, van Fraassen diz que entende por modelo “toda estrutura que satisfaz os axiomas de uma teoria” (1980, p. 43; 2007, p. 86). Ou seja, ele parece empregar o termo “modelo” no sentido usual da lógica. Além disso, segundo ele, esse uso do termo está ligado a outros que ele também pretende comentar em seu texto.

Na página seguinte do mesmo capítulo do livro citado, van Fraassen afirma que, segundo a abordagem semântica, “apresentar uma teoria é, em primeiro lugar, identificar uma classe de estruturas como seus modelos” (1980, p. 44; 2007, p. 88; cf. ainda VAN FRAASSEN, 1989, p. 188 e 217s). Logo adiante ele comenta então:

O uso da palavra “modelo”, nessa 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, ao contrário, a um tipo de estrutura, ou classe de estruturas, todas elas compartilhando certas características gerais. Pois, nesse uso, se pretende que o modelo de Bohr se ajuste a átomos de hidrogênio, átomos de hélio, e assim por diante. Assim, no uso dos cientistas, “modelo” denota o que eu chamaria de um modelo-tipo. Onde quer que certos parâmetros sejam deixados sem especificação, na descrição de uma estrutura, será mais exato dizer (ao contrário, é claro, do uso comum e da conveniência) que descrevemos uma estrutura-tipo. Entretanto, os usos de “modelo” na metamatemática e nas ciências não estão tão distantes um do outro como se disse algumas vezes (VAN FRAASSEN, 1980, p. 44; 2007, p. 88).

Estas passagens sugerem que van Fraassen está empregando a noção de modelo semântico, diferente daquela noção dos cientistas, embora, segundo ele, com ela relacionada. Podemos ver, além disso, que o termo “estrutura” aparece na caracterização dos dois tipos de modelos, mas não de forma esclarecedora.

Contudo, em uma nota de rodapé ao texto do capítulo 9 de *Laws and Symmetry*, também ao comentar as noções centrais da abordagem semântica, van Fraassen diz que, formalmente falando, um modelo é constituído de “entidades e relações entre elas” (1989, p. 365) – o que, mais uma vez, sugere a referência aos modelos semânticos.

Voltando ao livro *A imagem científica*, van Fraassen fala dos “modelos matemáticos oferecidos pela teoria de Newton” (1980, p. 45; 2007, p. 90), aparentemente no mesmo sentido em que utilizamos essa expressão no capítulo 1, acima, para nos referirmos a determinadas equações. Ele também diz que os modelos “representam mundos possíveis admitidos pela teoria” (1980, p. 47; 2007, p. 93; cf. também VAN FRAASSEN, 1989, p. 13).

Além disso, van Fraassen ainda comenta que, quando aceitamos uma teoria, acreditamos que “um de seus modelos representa o mundo” [real, obviamente] “em todos os seus aspectos” (1980, p. 47; 2007, p. 93). Esse comentário sugere que ele toma os modelos como estruturas bastante abrangentes, o que se confirma numa passagem de outro livro seu, *Laws and Symmetry*, na qual ele distingue modelo *de uma situação determinada* e modelo *de uma teoria*. Segundo ele, considerada em relação a um modelo de teoria, a própria teoria é inteiramente verdadeira, isto é, ela será verdadeira se o modelo for o mundo inteiro (1989, p. 218).

Essas aproximações todas não são conclusivas, contudo, como podemos ver, e apenas sugerem vagamente semelhanças entre diferentes usos do termo “modelo”, mas sem que van Fraassen especifique exatamente em que sentido ele vai entender os modelos em termos dos quais pretende interpretar as teorias científicas. Outra comparação que também surge em *A imagem cien-*

tífica, a nosso ver, um tanto mais esclarecedora, é aquela entre a concepção de Patrick Suppes, à qual já nos referimos acima, neste capítulo, e aquela devida a Evert Beth. Van Fraassen afirma o seguinte:

Para completar essa parte da discussão, deixe-me dizer que, mesmo que eu considere a explicação de Suppes da estrutura das teorias científicas um excelente meio para a elucidação dessas distinções gerais, realmente, vejo-a ainda como relativamente superficial. Neste livro, estou preocupado principalmente com a relação entre as teorias físicas e o mundo, em vez daquele outro tópico principal, a estrutura da teoria física. Com respeito a esse último, vejo duas linhas principais de abordagem: uma derivada de Tarski e levada à maturidade por Suppes e seus colaboradores (a *abordagem da estrutura em termos de teoria de conjuntos*), e a outra iniciada por Weyl e desenvolvida por Evert Beth (a *abordagem de espaço de estados*). A primeira é inflexivelmente extensionalista, a segunda confere à modalidade um papel central. [...] Minha própria inclinação nessa área foi em direção à abordagem de espaço de estados. Os conceitos gerais utilizados na discussão da adequação empírica, neste capítulo, pertencem a ambas as concepções das teorias científicas (VAN FRAASSEN, 1980, p. 66-67; 2007, p. 126).

O final dessa passagem é, de fato, muito curioso, pois não deixa muito claro em que sentido exatamente ele pode pressupor ambas as abordagens – a de Suppes e a de Beth – para elaborar seu conceito de adequação empírica. Não nos parece que possa ser no sentido de que os modelos que van Fraassen menciona em sua definição da adequação empírica sejam entendidos das duas formas, a de Suppes (para quem, como vimos, trata-se de modelos conjuntistas) e a de Beth (os espaços de estado). Ora, a noção de espaço de estados é uma noção física. Tal como Moulines comenta esse ponto sobre van Fraassen, podemos reconhecer que a analogia entre essa noção e aquilo que Suppes propunha é evidente. Ou seja, há uma similaridade que van Fraassen identificou, mas

isso não significa que a noção de modelo envolvida num caso e no outro seja a mesma. Moulines diz o seguinte:

A noção de espaço de estados provém diretamente da física. Lembremos que na termodinâmica, por exemplo, considera-se que o estado de um sistema físico está completamente determinado por um terno de números reais $\langle p, v, t \rangle$ que representam, respectivamente, os valores das grandezas pressão, volume e temperatura. Em geral, nas teorias físicas, os estados de um sistema físico são identificados por pontos em um sistema físico de coordenadas que possui o mesmo número de dimensões que o número de componentes que determinam o estado. A cada tipo de sistema físico, assim, corresponde um espaço de estados, que é o conjunto de todas as sequências possíveis de n elementos ($n = 3$ para o exemplo da termodinâmica). Os estados possíveis do sistema físico são “pontos” nesse “espaço”. A tarefa dos axiomas de determinada teoria consiste então em impor restrições sobre o conjunto das sequências logicamente possíveis, fixando as sequências que são aceitáveis e aquelas que não são. As sequências aceitáveis representam os modelos admitidos pela teoria. A analogia com o procedimento de Suppes é evidente: de fato, uma teoria física não é nada mais que um conjunto constituído de um grande número de modelos; a diferença reside no fato de que os modelos são doravante concebidos como trajetórias (ou regiões) em um espaço de estados (MOULINES, 2006, p. 124).

Como podemos ver, entre as abordagens de Beth e de Suppes há em comum apenas o fato de ambos os autores conceberem uma teoria científica como uma coleção de modelos. Mas há uma diferença fundamental, que Moulines enfatiza. Enquanto para Suppes os modelos são estruturas conjuntistas, para Beth os modelos são trajetórias em um espaço de estados, ou regiões nesse espaço. Ora, enquanto a primeira concepção de modelo os identifica com entidades matemáticas, a segunda se refere a uma noção física, ainda que abstrata. É possível associarmos esses dois tipos de estruturas, sem dúvida. Como mostramos em *Pragmática*

da *investigação científica* (DUTRA, 2020, cap. 4), podemos elaborar um modelo conjuntista a partir de um modelo físico abstrato, isto é, de um modelo-réplica ou modelo nomológico. Mas isso não significa, obviamente, que estejamos correlacionando estruturas abstratas do mesmo tipo.⁶

Van Fraassen ainda comenta em outra parte de seu livro *A imagem científica* sua versão da abordagem semântica em relação à noção de espaço de estados. Mas ele toma um espaço de estados como uma entidade matemática. Ao falar dos modelos probabilísticos na física, argumentando que se temos uma teoria física que envolve probabilidades, o modelo contém apenas uma sequência alternativa possível de eventos, van Fraassen diz:

Se estivermos convencidos disso, vamos também mostrar menos resistência a asserções semelhantes sobre os modelos de outras teorias. Se modelo o comportamento de um oscilador simples, ou de um pêndulo, utilizo um espaço de estado (o espaço de fase), e descrevo a trajetória da entidade nesse espaço. Diversos pontos ali não correspondem a estados nos quais a entidade realmente esteve em qualquer tempo, e diversas trajetórias naquele espaço, admitidas por nossa física, não mantêm nenhuma correspondência com a história da entidade, nem com a história real de qualquer entidade similar.

Tal espaço e o modelo como um todo, se ele envolve mais que isso, é uma entidade matemática (VAN FRAASSEN, 1980, p. 196-197; 2007, p. 343).

⁶ Vale comentarmos também, embora esse ponto não pareça tão importante na presente discussão, que, ao falarmos de um *espaço de estados*, estamos empregando uma metáfora, como o uso das aspas naquela citação acima de Moulines sugere. Assim, de fato, um espaço de estados é uma abstração ou idealização por meio da qual modelamos as situações físicas reais que são os diferentes estados possíveis de um sistema. Desse modo, estamos diante de um modelo de modelos físicos, o que não deixa de ser um modelo físico. Mas é uma estrutura de maior nível de abstração, que nem por isso seria uma estrutura matemática, como quer van Fraassen, o que veremos a seguir.

A mesma ideia reaparece em *Laws and Symmetry*, em uma nota de rodapé ao texto do capítulo 9, na qual van Fraassen diz que, para ele, os modelos são “estruturas matemáticas, denominadas modelos de certa teoria em virtude de pertencerem à classe definida como aquela dos modelos dessa teoria” (1989, p. 366).

Ainda em *Laws and Symmetry*, van Fraassen retorna ao tema da linguagem modal nas ciências e dos modelos como mundos possíveis, noções que para ele são importantes na interpretação modal da mecânica quântica que ele deseja defender, e comenta que os “modelos científicos” – esta é a expressão que ele então utiliza – podem conter aspectos estruturais que não possuem correlato na realidade (1989, p. 213-214 e 222-223). Segundo ele, ambos os discursos, o discurso causal e o discurso modal, descrevem apenas aspectos dos modelos (científicos) e não do mundo (real).

Esses comentários, por um lado, mostram que van Fraassen tem consciência do caráter abstrato dos modelos, obviamente – uma ideia com a qual estamos de pleno acordo, como já enfatizamos. Mas, por outro lado, sugerem também que ele toma qualquer entidade abstrata como uma entidade matemática. E isso se confirma, como veremos a seguir, em seus comentários sobre os modelos em seu último livro, *Scientific Representation* (2008).

Outro ponto, a nosso ver, digno de nota é que, aparentemente, para van Fraassen, os modelos de uma teoria científica são estruturas abstratas relativamente amplas, enquanto que, no uso mais comum (entre filósofos e cientistas), os modelos científicos parecem indicar situações mais específicas – aquilo que van Fraassen denomina *modelo de uma situação*. Mas vejamos então como em seu último livro van Fraassen procura caracterizar os modelos científicos.

Em *Scientific Representation*, van Fraassen (2008) emprega diversas expressões que não apareciam antes em suas discussões, como “modelo em escala”, “modelo teórico”, “modelo superficial”, a expressão “modelo de dados”, devida a Suppes etc. A ênfase ago-

ra é nos modelos como representações, como já comentamos no início deste capítulo. Mas vamos deixar a questão sobre o tipo de representação que os modelos científicos podem ser para os próximos capítulos e nos concentrar na ideia defendida por van Fraassen de que os modelos científicos são entidades ou estruturas matemáticas.

Ele inicia sua discussão no referido livro argumentando que aquilo que denomina *modelagem matemática* – e essa forma de indicar no que consiste a elaboração de modelos não é ocasional, como veremos – sempre implica alguma distorção e idealização do sistema ou situação modelada (2008, p. 40 e 45), o que é algo que o tipo de modelo que disso resulta tem em comum com os modelos em escala (2008, p. 49s), isto é, os modelos que temos denominado *icônicos*, assim como no caso das simulações em laboratório (2008, p. 52s). Mais que isso, e da mesma forma que os modelos teóricos (termo também empregado então por van Fraassen), todos esses tipos de modelos são elaborados de acordo com algum ponto de vista ou perspectiva particular que adotamos no entendimento do mundo ou de uma parte dele (2008, p. 71s). E o mesmo vale para os modelos meteorológicos e para a cartografia em geral (2008, p. 76s), em suma, para todas as formas de representação. Em todas elas, e adotando certa perspectiva, o que podemos fazer é apenas revelar a *estrutura* dos fenômenos. De fato, a este respeito van Fraassen diz o seguinte:

Um modelo contém frequentemente muito que não corresponde a qualquer aspecto observável no domínio [de fenômenos]. Assim, de um ponto de vista empirista, a estrutura do modelo deve ser tomada como algo que revele a estrutura dos fenômenos observáveis, enquanto que o restante do modelo deve servir para esse propósito indiretamente (VAN FRAASSEN, 2008, p. 87).

Os mesmos pontos valem para os *modelos superficiais*, noção que van Fraassen desenvolve a partir daquela de modelo de

dados, de Suppes. Os modelos superficiais, assim como os demais modelos a que já nos referimos acima, para van Fraassen, introduzem idealizações e visam a uma representação da estrutura. Os modelos superficiais não apenas organizam os dados empíricos, tal como fazem os modelos de dados, mas, a partir disso, já introduzem alguma idealização de modo que os resultados de medidas (que os modelos superficiais sistematizam) possam se acomodar aos modelos teóricos, ou seja, possam ser interpretados à luz da teoria (VAN FRAASSEN, 2008, p. 167). E é desse modo que os modelos superficiais podem se encaixar em modelos teóricos (2008, p. 169).

Um aspecto importante e inovador das discussões de van Fraassen nesse seu último livro em relação a suas obras anteriores, sem dúvida, é que os modelos como formas de representação são representações apenas da estrutura (2008, p. 199). Podemos então denominar essa concepção de *concepção representacional estruturalista dos modelos científicos*. Como veremos em seguida, essa é uma concepção que identifica os modelos científicos com modelos matemáticos ou, melhor dizendo, que identifica toda forma de abstração – pois os modelos científicos são também abstrações para van Fraassen – com abstrações matemáticas. Ou seja, toda estrutura abstrata é uma estrutura matemática.

Essa concepção é a que van Fraassen delinea no capítulo 11 de seu livro, no qual ele procura expor seu *estruturalismo empirista*. Ora, a sustentabilidade de tal posição em filosofia da ciência é um problema para van Fraassen, obviamente, como assinalamos acima neste capítulo, uma vez que ela sugere uma aproximação com um tipo de realismo estrutural. Van Fraassen, de fato, se esforça nos capítulos finais do livro para antecipar tais objeções; mas vamos deixar de lado essa questão, pois ela não é central em nossa discussão específica sobre os modelos científicos. Sobre esses van Fraassen diz então no início do citado capítulo 11 do livro:

Os dois polos do entendimento científico, para o empirista, são os fenômenos observáveis, de um lado, e os modelos teóricos, de outro. Os primeiros são o alvo da representação científica, e os últimos, o seu veículo. Mas tais modelos teóricos são estruturas abstratas, mesmo no caso das ciências práticas, como as ciências materiais, geologia e biologia – para não falarmos das formas mais avançadas de física. Todas as estruturas abstratas são estruturas matemáticas, no sentido contemporâneo de “matemático”, que não se restringe às formas tradicionais orientadas para números (VAN FRAASSEN, 2008, p. 238).

Embora essa passagem seja esclarecedora em relação a toda a problemática com a qual estamos tentando lidar nesta seção, uma questão permanece sobre o significado exato que Van Fraassen associa ao termo “matemático” na citação acima. Isso não está esclarecido em parte alguma de seu livro de forma direta, mas indiretamente pode estar, dada toda sua discussão no mesmo capítulo II do livro sobre como se dá o encaixamento de um modelo superficial ou de um modelo de dados em um modelo teórico e, em última instância, numa teoria.

Ora, uma das formas pelas quais ele explica isso consiste em dizer que uma teoria simples é uma equação, por exemplo, e que a solução para a equação é o modelo (2008, p. 247). E essa, afinal, é a ideia geral associada ao encaixamento. Os modelos de dados e os modelos superficiais, que contêm resultados experimentais e de medição, satisfazem determinadas equações propostas pela teoria, isto é, são soluções possíveis para elas. Se é assim, então van Fraassen se aproxima agora da noção de modelo matemático, tal como discutimos no capítulo 2. E isso, aparentemente, não seria um problema, já que, como vimos, ele defende que os modelos são estruturas abstratas e que toda estrutura abstrata é uma estrutura matemática. Mas isso representa um significativo distanciamento da noção de espaço de estados que, antes, em seus outros escritos, van Fraassen defendeu quanto aos modelos científicos, embora em sua defesa ele possa alegar que os próprios espa-

ços de estados são entidades matemáticas, obviamente, já que são também entidades abstratas – noção que já questionamos acima.

A ideia de que o modelo é, afinal, uma solução para uma equação se confirma também na seguinte passagem do capítulo 11 de *Scientific Representation*, em que van Fraassen discute a possibilidade de apresentar um modelo para o fenômeno do crescimento de uma colônia de bactérias, um de seus exemplos hipotéticos no livro:

Se um modelo fosse oferecido para representar [esse] fenômeno, aquela relação estrutural determinaria se o modelo seria adequado com respeito a seu propósito, por exemplo, se a representação era exata com respeito ao grau de crescimento em volume ou em números, como medido por esse tipo de relógio ou o que seja... Hipoteticamente, nenhum modelo para esse fenômeno particular jamais foi apresentado; assim, a questão é nula. Todavia, gostaríamos de dizer que a equação, de fato, possui uma solução – de modo equivalente, se a teoria possui tal modelo –, então aquilo (equação, teoria) representa corretamente aquele fenômeno. [...]

Talvez tivesse sido melhor se a palavra “modelo” não tivesse sido adotada pelos lógicos, para aplicá-la a estruturas que nunca são dadas na prática. Pois, sem dúvida, em muitos contextos, alguma coisa é chamada de modelo apenas se é uma representação, e o sentido no qual qualquer solução para uma equação é um modelo de uma teoria expressa pela equação, certamente, não possui esse significado. Mas é muito tarde para arregimentar nossa linguagem de forma a corrigirmos isso, e teremos apenas de ser sensíveis ao uso em diferentes contextos (VAN FRAASSEN, 2008, p. 250).

A nosso ver, essa passagem contém o reconhecimento da parte de van Fraassen de que, afinal, ele está forçando o uso do termo “modelo” ao aplicá-lo da forma em que o faz. Pois certamente ele não está sendo sensível ao uso que o termo tem entre os cientistas, embora os lógicos e os filósofos, por razões teóricas particulares, possam ser mais tolerantes com o desvio da norma

ideal a que uma arregimentação da linguagem conduziria. Por um lado, contudo, de fato, os lógicos não precisam do termo “modelo” quando desejam explicar de que forma concebem as estruturas conjuntistas destinadas a interpretar determinadas linguagens. Por outro lado, quando empregam o termo “modelo”, os cientistas não estão pensando nas entidades matemáticas a que van Fraassen se refere. E os filósofos, de sua parte, não estariam todos dispostos a aceitar que toda entidade abstrata é uma entidade matemática.

Assim, em vez de melhorar sua contribuição para a compreensão dos modelos científicos, van Fraassen empobrece ainda mais esse entendimento. Não é isso, a nosso ver, o que faz Frederick Suppe, cuja noção de sistema físico abstrato, como veremos a seguir, dá uma contribuição interessante na direção do que provavelmente o cientista profissional aceitaria como concepção de modelo científico. Anteriormente, contudo, quando apelava para a noção de Beth de espaço de estados, van Fraassen esteve perto de dar uma contribuição interessante, pois essa noção se assemelha àquela de sistema físico abstrato, de Suppe, como veremos.

4.3 Sistemas físicos abstratos

Suppe é outro defensor importante da abordagem semântica. Contudo, como veremos, ele emprega uma variedade de expressões alternativas nas quais ocorre o termo “modelo”, algumas vezes para criticar outras posições, como as de Hesse e de Nagel. Mas a noção que Suppe apresenta e que nos parece importante para a presente discussão é a de *sistema físico abstrato*, isto é, de *réplicas abstratas* de sistemas físicos, tal como ele também se refere a tais estruturas.

Em sua extensa introdução ao volume *The Structure of Scientific Theories* (SUPPE, 1977a), ao comentar a caracterização que Nagel faz das teorias científicas, que vimos no capítulo anterior, Suppe diz que reside na noção de modelo a diferença essencial

entre a concepção aceita (*received view*) das teorias científicas, da qual Nagel apresenta uma versão, e a concepção semântica (SUPPE, 1977b, p. 96).⁷ Nesse mesmo texto, logo a seguir, Suppe faz um comentário geral no qual ele procura identificar uma variedade de noções de modelo. Ele diz:

Alguns sentidos diferentes são associados a “modelo”; um deles é aquele de uma interpretação semântica para uma 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 para túnel de vento e coisas assim. É central a essa noção a ideia de que um modelo é um modelo *de* alguma coisa ou tipo de coisa, e funciona como um *ícone* daquilo que ele modela – isto é, o modelo é estruturalmente similar (isomorfo) àquilo que ele modela. Vou me referir a esses modelos como *modelos icônicos* (SUPPE, 1977b, p. 96-97).

Em uma nota de rodapé aplicada a esse texto, Suppe diz que a expressão “modelo matemático” é enganadora, pois pode sugerir que esse tipo de modelo (aquele que temos denominado modelo conjuntista ou semântico) seja uma estrutura matemática, tal como, por exemplo, espaços vetoriais. Ele diz que esses últimos podem ser modelos matemáticos, assim como certas estruturas não matemáticas (1977b, p. 97, n. 200). Ora, esse próprio comentário de Suppe, por sua vez, também é enganador. Pois, aparentemente, o que ele quer dizer é que um modelo conjuntista não é uma estrutura matemática em um sentido mais estrito do

⁷ Essa introdução de Suppe ao volume por ele organizado é por si só uma obra, na medida em que se estende por mais de 240 páginas, fazendo uma verdadeira recapitulação da filosofia da ciência desde seus inícios, com os positivistas lógicos e aquela concepção que eles legaram à área, conhecida como *concepção aceita* das teorias científicas (*received view*), até o surgimento da concepção semântica. Cf. SUPPE, 1977a, p. 1-241.

termo “matemático”. Mas um modelo conjuntista é uma estrutura matemática em um sentido mais amplo, isto é, pelo fato de que é composto de entidades matemáticas, como conjuntos. De qualquer forma, de fato, na medida em que na literatura há outro emprego da expressão “modelo matemático”, por exemplo por Max Black, como vimos no capítulo 2, o uso dessa expressão por Suppe é, de fato, inadequado.

Contudo, o mais importante é nos concentrarmos na outra expressão que ele emprega, isto é, “modelo icônico”, nesse caso para se referir ao outro tipo de modelo. Mas aqui a situação é ainda pior, pois aquele tipo de modelo a que Suppe quer se referir, como veremos, não é um modelo icônico, ou seja, o tipo de objeto material que é empregado como modelo de outra coisa em virtude da semelhança física. Mas deixemos esse ponto para mais adiante.

De volta aos comentários de Suppe à concepção de modelo de Nagel, a esse último ele atribui uma concepção de modelo que misturaria as duas noções, a de modelo icônico com a de modelo matemático (isto é, semântico, no sentido em que Suppe está empregando no texto a expressão “modelo matemático”). E Suppe apresenta uma análise das ideias de Nagel sobre os modelos para mostrar que elas são inadequadas, estendendo as mesmas críticas, basicamente, também a Hesse. Segundo Suppe, nem Hesse, nem Nagel, nem Campbell, antes deles, sustentam uma concepção de modelo que possa realmente consistir numa alternativa à concepção axiomática, tal como pretende a concepção semântica (SUPPE, 1977b, p. 98-102).

Ora, na medida em que já examinamos as concepções de modelo de Hesse e Nagel em capítulos anteriores, vamos deixar esse ponto de lado e voltar à concepção de Suppe. Mas vale apenas mencionar que a crítica de Suppe a Nagel é pouco fundamentada, pois ele não examina a noção de analogia formal, como fizemos no capítulo anterior, que é a noção mais interessante discutida por Nagel, por estar direcionada para uma visão do caráter nômico dos modelos científicos. E com respeito a Campbell e

Hesse, por sua vez, como vimos no capítulo 2, suas discussões do papel das analogias na atividade científica dão uma contribuição de muito mais valor para compreendermos a ciência e a atividade de modelar que é tão essencial a ela, indo muito além do escopo limitado das análises mais formalistas das teorias científicas.

Embora talvez fosse esse também o objetivo de Nagel, ele claramente ultrapassou os limites que se impôs. E, de sua parte, os partidários da abordagem semântica, embora tenham a pretensão de abordar a ciência de um modo menos formalista, nem sempre o fazem e acabam se restringindo a análises do mesmo tipo, apenas dando mais ênfase ao aspecto semântico e menos ao aspecto sintático. A nosso ver, é o caso dos comentários de Suppe sobre os outros três autores acima mencionados, embora o próprio Suppe, como veremos a seguir, tenha também ultrapassado os limites de sua análise pretendida da *estrutura* das teorias científicas com sua noção de sistema físico abstrato.

Apesar de seus comentários sobre esses outros autores e suas concepções de modelo, naquela obra citada, Suppe não volta a discutir a relação entre modelos e teorias científicas, um tema tão essencial à abordagem semântica. Ele o faz, contudo, em seu livro *The Semantic Conception of Theories and Scientific Realism* (SUPPE, 1989), obra dedicada a expor sua versão da abordagem semântica. Ali ele volta ao tema dos modelos em uma série de passagens que também nem sempre são esclarecedoras. Mas é a obra na qual, apesar das dificuldades terminológicas, e da reincidência da expressão inapropriada “modelo icônico”, encontramos a noção que nos interessa.

No capítulo 5, ao discutir o papel das leis teóricas (que são generalizações sobre entidades das quais falam as teorias científicas e não meras generalizações empíricas), Suppe diz:

Embora o termo “lei” possa ser utilizado na ciência para se referir às generalizações empíricas mais elementares e isoladas (por exemplo, “Os patos têm patas membranosas”), claramente seu

uso mais central é com referência a entidades que ocorrem nas teorias – as *leis teóricas*. É então razoável esperar que uma luz considerável possa ser lançada sobre a natureza das leis ao investigarmos a natureza e a função das leis teóricas dentro das teorias. Vamos assumir a Concepção Semântica das Teorias, explorando os seguintes fatores-chave dos desenvolvimentos em capítulos anteriores: uma teoria modela os comportamentos dos sistemas possíveis em seu escopo pretendido ao determinar sequências de ocorrências de estados que correspondem aos comportamentos de todos esses sistemas possíveis. Contudo, como é o caso em geral com tais modelos, essa correspondência não precisa ser de identidade. Pois, ao especificar possíveis mudanças de estado, a teoria assume tacitamente que os únicos fatores que influenciam o comportamento de um sistema são aqueles que se mostram como parâmetros de estados na teoria, enquanto que, de fato, os valores desses parâmetros, frequentemente, são influenciados por fatores externos que não se mostram como parâmetros da teoria. Enquanto tal, a natureza da correspondência é a seguinte: as sequências de estados determinadas pela teoria indicam o que os comportamentos dos sistemas possíveis dentro do escopo da teoria seriam se fosse o caso que apenas os parâmetros da teoria exercessem uma influência não negligenciável sobre aqueles comportamentos. Isto é, a teoria caracteriza o que são os possíveis comportamentos dos sistemas sob circunstâncias idealizadas nas quais os valores dos parâmetros não dependem de quaisquer influências externas, e, assim, de modo contrafactual, se refere a diversos sistemas reais dentro de seu escopo pretendido (SUPPE, 1989, p. 153-154).

Essa passagem é suficientemente clara para permitir sustentar que a concepção de modelo científico defendida por Suppe é a de elaboração de um contexto idealizado e contrafactual. Basta pensar num exemplo físico comum – o do plano inclinado ideal – para nos darmos imediatamente conta de que Suppe está descrevendo aquilo que entendemos ser o papel desse tipo de idealização física, isto é, um sistema concebido sem interferências de outros sistemas ou fatores externos e no qual se mostram determinadas leis, tal como a teoria as apresenta.

Entretanto, mesmo assim, Suppe se preocupa em explicar o sentido no qual está empregando o termo “modelo”, e aí as confusões reaparecem. Em uma nota de rodapé, mais uma vez, Suppe acrescenta um esclarecimento, dizendo:

A palavra “modelo” deve ser usada com extremo cuidado, uma vez que pode significar algumas coisas diferentes na ciência. Aqui, estamos utilizando “modelo” para indicar o *modelo icônico* – uma entidade que é estruturalmente similar às entidades de determinada classe (como, por exemplo, um modelo de avião é um modelo dos aviões reais da classe dos caças F-4H) (SUPPE, 1989, p. 153, n. 3).

É óbvio que um modelo icônico também é estruturalmente similar à entidade que ele representa, mas se a finalidade desse esclarecimento era complementar a outra passagem que citamos acima então, também claramente, o uso da expressão “modelo icônico” não é adequado. Pois naquela passagem, como vimos, Suppe está se referindo a uma estrutura abstrata. A confusão terminológica continua, por exemplo, em outra passagem, na qual Suppe comenta:

De acordo com a concepção semântica, as teorias científicas são sistemas relacionais que funcionam como modelos icônicos que caracterizam todas as possíveis mudanças de estado que os sistemas em seu escopo [das teorias] podem sofrer sob circunstâncias idealizadas (SUPPE, 1989, p. 155).

Mais uma vez a forma como Suppe explica o que entende por um modelo icônico – ou seja, uma caracterização de “possíveis mudanças de estado”, em “circunstâncias idealizadas”, como ele diz – não corresponde à noção comum de modelo icônico, nem àquela que, sob esse rótulo, ele criticou em Hesse e Nagel.

Outras passagens desse mesmo livro de Suppe comentam a interpretação das teorias segundo a abordagem semântica e contra a abordagem axiomática. Ele reafirma que as teorias científicas

não podem ser identificadas com suas formulações linguísticas – ponto central para todos os defensores da abordagem semântica, naturalmente – e que devem ser interpretadas como estruturas abstratas. Suppe diz então:

Enquanto tais, as teorias científicas não podem ser identificadas com suas formulações linguísticas; ao contrário, elas são entidades extralinguísticas que são indicadas e descritas por suas diversas formulações linguísticas. Isso sugere que interpretemos as teorias como estruturas abstratas propostas para servir de modelos para conjuntos de sentenças interpretadas, que constituem as formulações linguísticas das teorias. Essas estruturas são *modelos metamatemáticos* de suas formulações linguísticas, sendo que a mesma estrutura pode ser o modelo de alguns conjuntos diferentes, e, possivelmente, não equivalentes entre si, de sentenças ou formulações linguísticas da teoria (SUPPE, 1989, p. 82).

A expressão agora utilizada por Suppe também não é muito esclarecedora. Ela sugere uma aproximação com os modelos que temos denominado *semânticos* (e que Suppe denomina também *matemáticos*, como vimos), mas que não é o caso. Este não pode ser o caso de seu próprio ponto de vista porque, logo em seguida, ele sustenta que os modelos da teoria científica descrevem o comportamento de sistemas abstratos, conhecidos como *sistemas físicos*. Aqui, estamos chegando perto da noção interessante, isto é, aquela noção de modelo que realmente pode fazer sentido em relação à prática científica. Os próprios exemplos que Suppe utiliza sugerem isso. Ele diz:

[...] a teoria não caracteriza os fenômenos reais, mas, ao contrário, caracteriza a contribuição dos parâmetros selecionados para com os fenômenos reais, descrevendo o que os fenômenos *seriam se* os parâmetros abstratos fossem os únicos a influenciá-los. Por exemplo, a mecânica clássica de partículas não descreve os fenômenos em um plano inclinado real, mas, em vez disso, descreve o que os fenômenos do plano inclinado *seriam* em ambien-

tes sem atrito. De fato, então, o que uma teoria faz é descrever diretamente o comportamento de sistemas abstratos, conhecidos como *sistemas físicos*, cujo comportamento depende apenas dos parâmetros selecionados. Contudo, esses sistemas físicos são réplicas abstratas de fenômenos reais, sendo o que os fenômenos *seriam se* nenhum outro parâmetro exercesse influência sobre eles. Assim, ao descrever os sistemas físicos, a teoria oferece indiretamente uma caracterização contrafactual dos fenômenos reais (SUPPE, 1989, p. 82-83.)

Ao abstrair a partir de fenômenos reais, acrescenta Suppe, tais sistemas físicos podem idealizar os fenômenos de diversas formas, como tratar as partículas como pontos de massa sem dimensão, tal como se faz na mecânica clássica de partículas. Ele diz ainda, logo após a passagem acima citada, que tais sistemas são “réplicas abstratas de fenômenos em certas condições idealizadas” (1989, p. 83). Além disso, enfatiza ainda Suppe, um sistema físico pode ser caracterizado pela sequência de seus possíveis estados, ou sua *história*. Vale então citarmos outra passagem, na qual ele afirma:

A qualquer momento, um sistema físico está em exatamente um de seus possíveis estados, embora possa mudar com o tempo o estado no qual ele esteja. O *comportamento* de um sistema físico é sua mudança de estado ao longo do tempo, e isso pode ser encarado como sua história. Assim como cada fenômeno possui uma história única, cada sistema físico possui uma única sequência de estados que ele assume ao longo do tempo (SUPPE, 1989, p. 83).

Essa é uma ideia interessante, pois ela nos permitiria aproximar a concepção elaborada por Suppe daquela devida a Evert Beth de espaço de estados, que já comentamos, como também sugerem outros comentários que Suppe faz nas páginas seguintes do mesmo texto, até que ele mesmo se encarregue de dar um esclarecimento a esse respeito, em mais uma nota de rodapé,

dizendo que, ao contrário de Beth e de van Fraassen (este inicialmente pelo menos, como vimos), ele, Suppe, não vê os modelos de uma teoria como espaços de fase (ou espaços de estados), mas, ao contrário, como “modelos icônicos das teorias” (1989, p. 85, n. 16). Mais uma vez, Suppe emprega a expressão que não ajuda a explicar o que ele tem em mente. Um comentário semelhante e, de fato, mais detalhado se encontra no outro texto de Suppe já mencionado no início desta seção, no qual ele diz também que, ao contrário de van Fraassen e de Beth, ele entende os modelos como “réplicas matemáticas canônicas” (SUPPE, 1977b, p. 227, n. 565).

Mesmo assim, isto é, mesmo que aceitemos as alegações do próprio Suppe e não aproximemos sua noção de modelo enquanto sistema físico abstrato daquele de espaço de estados, a forma como ele caracteriza os próprios sistemas físicos em geral conduz aparentemente a uma concepção de modelo científico que parece próxima daquela que desejamos defender, contendo os aspectos já mencionados, como o caráter abstrato e nômico de tais modelos. Seu caráter nômico está bastante claro quando Suppe associa os modelos com as leis teóricas, como vimos acima. Seu caráter abstrato, além do que já citamos e comentamos acima, se confirma em outra passagem que, embora longa, vale a pena ser citada, na qual Suppe descreve os sistemas físicos. Ele diz:

A noção de *sistema físico* nos dá um ponto de partida conveniente para esboçarmos e motivarmos essa abordagem alternativa [a abordagem semântica]. Uma ciência não lida com fenômenos em toda sua complexidade; ao contrário, ela está preocupada com certos tipos de fenômenos apenas na medida em que seu comportamento é determinado por, ou é algo característico de, um pequeno número de parâmetros abstraídos desses fenômenos. Assim, ao caracterizar os corpos em queda, a mecânica clássica de partículas está preocupada apenas com aqueles aspectos do comportamento de queda dos corpos que dependem de massa, velocidade, distância percorrida no decorrer do tempo e assim por diante. A cor do objeto e coisas assim são aspec-

tos dos fenômenos que são ignorados; mas o processo de abstração a partir dos fenômenos vai mais longe: não estamos preocupados, digamos, com velocidades reais, mas com a velocidade sob condições idealizadas (por exemplo, em um ambiente sem atrito, com a massa que o objeto teria se ele fosse concentrado como um ponto sem extensão). Assim, por exemplo, a mecânica clássica de partículas está preocupada com o comportamento de sistemas isolados de pontos de massa sem extensão que interagem no vácuo, e o comportamento desses pontos de massa depende apenas de suas posições e *momenta* em qualquer tempo dado. Um sistema físico para a mecânica clássica de partículas consiste em tal sistema de pontos de massa que exhibe um comportamento particular ao longo do tempo. Os sistemas físicos são então réplicas altamente abstratas e idealizadas de fenômenos, sendo caracterizações de como os fenômenos se *comportariam* se as condições idealizadas se dessem (SUPPE, 1989, p. 65).

Essas citações e esses comentários são, portanto, suficientes para mostrar que, apesar das confusões terminológicas que podemos encontrar nos textos de Suppe e do emprego por ele de diversas expressões que não refletem sua verdadeira concepção de modelo científico, sua noção de sistema físico abstrato é suficientemente clara. Os sistemas físicos abstratos são, afinal de contas, como vimos, aqueles modelos em termos dos quais Suppe deseja interpretar as teorias científicas em sua versão da abordagem semântica.

Independentemente da abordagem que deseja defender na interpretação das teorias científicas, e se ela se associa a uma doutrina realista, como a de Giere, que veremos no próximo capítulo, e não a uma doutrina antirrealista, como a de van Fraassen, a contribuição de Suppe na caracterização da natureza dos modelos científicos transcende suas intenções iniciais e, a nosso ver, o próprio escopo da abordagem semântica em geral. A noção de sistema físico abstrato (ou de réplica abstrata de um sistema físico), dado seu caráter ideal e nômico, presta-se a um trabalho muito

mais importante na filosofia da ciência que apenas o de interpretar as teorias científicas. Tal noção permite interpretar o uso de teorias na prática científica cotidiana. Esse aspecto pragmático, que não há nem em van Fraassen, nem em Suppe, está presente pelo menos em parte em Giere e em Cartwright, como veremos no próximo capítulo.

Em certo sentido, a expressão “sistema físico abstrato” é redundante ou pleonástica, pois um sistema é *físico* na medida em que é descrito por uma teoria da física. E, se aceitamos a caracterização dada por Suppe de um sistema físico, ele é necessariamente abstrato, na medida em que não é o sistema concreto semelhante. Quando na mecânica, por exemplo, falamos do plano inclinado ou do pêndulo, não estamos, obviamente, falando das situações concretas ou materiais nas quais encontramos sistemas semelhantes ao plano inclinado e ao pêndulo. Nesse contexto científico definido, as expressões “plano inclinado” e “pêndulo”, assim como outras que dizem respeito a determinados sistemas, indicam circunstâncias idealizadas, isto é, exatamente sistemas físicos abstratos.

Dizer isso não é apenas dar um esclarecimento terminológico que o próprio físico acharia desnecessário. O sentido mais profundo de dizer tais coisas, como, a nosso ver, é o que motiva o próprio Suppe a dizê-las, é que tais comentários implicam uma concepção da ciência como uma atividade de lidar com modelos. Muitas vezes, esses modelos estão relacionados com teorias – eles são modelos *daquela* teoria. Muitas outras vezes, eles são dados isoladamente. Mas sempre, nas ciências, mesmo quando não há teorias formuladas, há modelos, isto é, idealizações de situações ou circunstâncias. Ou, dito de outro modo, as ciências sempre procuram entender os sistemas e circunstâncias factuais a partir da elaboração de sistemas e circunstâncias idealizados ou abstratos. Essa é uma característica essencial dos modelos científicos, aqueles que denominamos também *modelos nomológicos*. Outros

aspectos desses modelos serão comentados nos próximos capítulos.

Máquinas nomológicas

Neste capítulo vamos comentar as concepções de modelo científico de Ronald Giere e de Nancy Cartwright. Vamos também discutir na última seção alguns aspectos da noção de modelo científico como *máquina nomológica abstrata*, ainda que um exame mais extenso, juntamente com a consideração de outros aspectos dessa concepção, esteja reservado para os capítulos 8 e 9.

Quanto às concepções de Giere e Cartwright, apesar de algumas diferenças que também vamos indicar, elas convergem suficientemente entre si e, em grande medida, juntamente com a noção de sistema físico abstrato, devida a Frederick Suppe, que vimos no capítulo anterior, serviram como a base inicial a partir da qual elaboramos a noção de modelo científico como máquina nomológica abstrata.

Giere e Cartwright concebem, ambos, os modelos científicos como entidades abstratas, embora em diferentes sentidos do termo “abstrato”. De acordo com Cartwright, os modelos científicos são projetos de máquinas nomológicas. A nosso ver, eles não são apenas *projetos* de máquinas nomológicas, mas também eles mesmos *máquinas* nomológicas abstratas. Para Giere, por sua vez, os modelos teóricos são entidades abstratas que representam sistemas reais (isto é, concretos). Em ambos os casos, de Giere e de Cartwright, portanto, os modelos são tomados como representações de outras estruturas (ou sistemas).

Esse é um aspecto dos modelos científicos que começamos a comentar no capítulo anterior e que vamos procurar aprofundar mais neste capítulo e nos próximos. Por outro lado, os modelos científicos concebidos como *máquinas* nomológicas abstratas *não são* representações – e esse é o ponto no qual pretende-

mos ir além desses autores, ponto ao qual retornaremos nos próximos capítulos.

As máquinas nomológicas abstratas das quais falamos são sistemas abstratos assim como aqueles mencionados por Suppe, isto é, são réplicas abstratas. A noção de máquina nomológica que desejamos defender é, de fato, uma generalização da noção de sistema físico abstrato, valendo para quaisquer outros domínios de investigação. Em quaisquer ciências – seja nas ciências naturais, seja nas ciências humanas –, podemos ter modelos desse tipo, isto é, sistemas abstratos que não são representações de sistemas concretos, mas sendo eles mesmos objetos de estudo naqueles domínios de investigação. É por estudar em primeiro lugar essas idealizações que as ciências são capazes de estudar também sistemas concretos (ou *reais*, no sentido usual do termo, como dizem alguns dos autores cujas ideias temos analisado, isto é, sistemas localizados no espaço e no tempo, de uma forma geral).

É forçoso questionarmos essas próprias formas de expressão – os sistemas idealizados ou abstratos, em oposição a sistemas concretos, ou materiais, ou reais, nesse sentido, supondo os últimos, em princípio, como estruturas localizáveis no espaço e no tempo, ou pelo menos no tempo, enquanto os primeiros não seriam. Embora já tenhamos mencionado o assunto na Introdução, a questão envolve outras complexidades que precisam ser tomadas em conta, o que faremos no capítulo 8. Enquanto entidades cognitivas, tal como afirma Giere (1990), os modelos também são *reais*, pois são estruturas localizadas na mente dos indivíduos humanos, embora sejam ainda *ideais*, no sentido de que dizem respeito a nossas ideias. No capítulo 8, uma discussão mais geral sobre a natureza das estruturas e entidades abstratas deverá colocar mais ordem na utilização de termos como “real” e “concreto”, em oposição a termos como “ideal” e “abstrato”. Uma vez que, a nosso ver, por serem abstratas, determinadas estruturas (como os modelos científicos enquanto máquinas nomológicas, justamente) não deixam de ser *reais*, preferimos utilizar o termo “concreto” nesse

sentido. Ou seja, os sistemas que normalmente denominamos *reais*, desse ponto de vista, na verdade são mais bem caracterizados quando os denominamos *concretos*. Assim, quando desejamos distinguir os sistemas e estruturas abstratos de outros que estão dados no espaço e no tempo, empregamos para nos referirmos a esses últimos o termo “concreto” e, com esse mesmo sentido, por força do hábito, também o termo “real”. Por sua vez, tal como vamos comentar adiante, Giere passou de uma posição cognitivista mais internalista (defendida em GIERE, 1990) para uma posição mais externalista (defendida em GIERE, 2006), mas ainda cognitivista.

5.1 Entidades cognitivas

Embora, como dissemos, a concepção de modelo científico de Cartwright nos pareça mais sugestiva, por apresentar uma caracterização dos modelos como projetos de máquinas nomológicas, por sua vez, Giere possui uma visão mais abrangente do papel desempenhado pelos modelos na atividade científica. O papel que os modelos desempenham na atividade científica, segundo esse autor, está intimamente relacionado com a natureza cognitiva desses modelos. De fato, Giere interpreta aqueles modelos que ele denomina *teóricos* numa perspectiva cognitivista.¹ Ora, a visão do papel dos modelos na atividade científica que vamos defender no capítulo 9 é completamente diferente e, embora seja em parte também naturalista como aquela advogada por Giere, por outro lado, é de caráter pragmático e comportamental. Discutiremos essa diferença, no que diz respeito à opção de Giere pelo cogniti-

¹ Para uma visão geral das ciências cognitivas às quais Giere pretende recorrer em sua teoria dos modelos científicos, cf. GARDNER, 1985, também citado por Giere. Alguns dos capítulos de GIERE, 1990 são uma boa exemplificação de seu uso da perspectiva cognitivista para interpretar a atividade científica, assim como algumas de suas discussões em GIERE, 1999.

vismo, na parte final desta seção.² Vejamos primeiro então de que forma exatamente Giere apresenta os modelos científicos ou teóricos como entidades abstratas no sentido cognitivo.

Em seu livro *Explaining Science* (GIERE, 1990)³ ele apresenta os modelos como formas de representação da realidade, embora não da maneira especular e ingênua como se entende no senso comum e como, aparentemente, o fazem alguns filósofos modernos. Esse é o elemento *realista* da doutrina elaborada por Giere. Em que medida então os modelos teóricos podem representar partes da realidade, eis um dos pontos que ele deseja explicar. Giere começa sua discussão pelo aspecto cognitivista, dizendo:

Que os humanos (e os animais) criam representações internas de seu ambiente (assim como deles mesmos) é provavelmente a noção central nas ciências cognitivas. É o apelo a representações internas e mentais, por exemplo, que distingue fundamentalmente a psicologia cognitiva do behaviorismo. Dependendo do campo particular dentro das ciências cognitivas, fala-se de coisas como “esquemas”, “mapas cognitivos”, “modelos mentais” e “estruturas” (GIERE, 1990, p. 6).

² A já mencionada mudança de posição de Giere, de uma abordagem cognitivista mais internalista (GIERE, 1990) para uma abordagem cognitivista *externalizada*, digamos (GIERE, 2006), por sua vez, baseada na psicologia cognitiva de Hutchins (1996), será comentada nos capítulos 8 e 9, assim como no fim desta seção.

³ Embora nossa discussão vá seguir aquela apresentada em GIENE, 1990, a mesma concepção dos modelos científicos é sustentada por ele em seu outro livro, *Science without Laws* (GIENE, 1999), apenas com uma modificação relevante, a respeito de leis e princípios, que indicaremos mais adiante. A esse último respeito, por sua vez, GIENE, 2006 sustenta as mesmas ideias, embora mudando o tipo de realismo envolvido, e passando a defender aquilo que o autor denomina *perspectivismo*, posição que comentaremos no capítulo 8.

E Giere passa então para o aspecto realista propriamente, acrescentando:

Vou aqui simplesmente caracterizar o realismo científico como a concepção de que, quando uma teoria científica é aceita, a maior parte dos elementos da teoria é tomada como coisas que representam (a alguns respeitos e em algum grau) aspectos do mundo (GIERE, 1990, p. 7).

Os dois aspectos estão ainda relacionados em outras passagens, como quando Giere comenta:

A concepção desenvolvida [aqui] é que as teorias são entidades heterogêneas, consistindo em famílias de modelos, juntamente com alegações sobre os tipos de coisas às quais os modelos se aplicam. Essa concepção não é mais novidade. Um elemento novo é a ligação explícita dos modelos científicos com os “esquemas” das ciências cognitivas. [...] A chave para [essa] concepção é que a relação importante entre os modelos e o mundo não é uma relação semântica, como a verdade, mas a similaridade entre duas entidades não linguísticas, o modelo abstrato e o sistema real (GIERE, 1990, p. 20).

Estamos deixando de comentar aqui dois outros aspectos da teoria de Giere, que são seu naturalismo e sua concepção das decisões científicas (isto é, as decisões ou os juízos elaborados pelos cientistas) em termos da noção de *satisfação*, e não de *maximização* de resultado (ou proveito), como nas teorias racionalistas da ação e da escolha.⁴ Esses aspectos serão comentados no capítulo 9, juntamente com outras questões ligadas a uma concepção geral da atividade científica na qual os modelos desempenham papel central.

⁴ Mas cf. GIERE, 1990, cap. 1 e 6. Para uma discussão geral dos modelos como representações mentais, tal como Giere os interpreta num primeiro momento, cf. JOHNSON-LAIRD, 1995.

Voltando então aos aspectos da teoria de Giere ligados ao realismo e ao cognitivismo, tal como vimos acima, especialmente em virtude da última das citações que fizemos, podemos ver que, por um lado, Giere também é um defensor da abordagem semântica, tal como já comentamos no início do capítulo anterior. Para ele, assim como para van Fraassen e Suppe, as teorias científicas devem ser entendidas não em viés linguístico, como classes de entidades linguísticas (por exemplo, as proposições que apresentam os postulados ou princípios da teoria), mas como coleções de modelos, isto é, entidades não linguísticas.

Por sustentar então que os modelos científicos são representações, Giere se aproxima de van Fraassen, embora, como também vimos no capítulo anterior, esse último não opte por nenhuma explicação particular sobre a natureza das representações, ao contrário de Giere, que adere ao cognitivismo. Por outro lado, por sustentar então que os modelos são entidades abstratas, Giere se aproxima da posição de Suppe, embora esse último também não discuta a natureza de tais entidades abstratas.

Do ponto de vista da prática científica, os sistemas físicos abstratos dos quais fala Suppe, como vimos, são coisas como o pêndulo ideal, o plano inclinado ideal etc. Ora, de fato, no capítulo 3 de *Explaining Science*, Giere começa sua discussão sobre a relação entre os dois elementos constitutivos das teorias – modelos e hipóteses – dizendo o seguinte:

Proponho que encaremos um oscilador harmônico simples e coisas assim como *entidades abstratas*, possuindo todas e apenas aquelas propriedades a elas atribuídas nos textos-padrão [os manuais científicos]. O aspecto distintivo do oscilador harmônico simples, por exemplo, é que ele satisfaz a lei sobre as forças $F = -kx$. Então o oscilador harmônico simples é uma entidade construída. De fato, poder-se-ia dizer que os sistemas descritos pelas diversas equações do movimento são entidades *socialmente* construídas. Elas não possuem qualquer realidade para além

daquela dada a elas pela comunidade de físicos (GIERE, 1990, p. 78; *itálicos no original*).

Podemos ver então que Giere, assim como Suppe, está falando dos modelos científicos como sistemas físicos abstratos, sistemas que são concebidos pelos cientistas que elaboram uma teoria científica e com ela trabalham. E poderíamos mesmo concordar inteiramente com ele a respeito da forma como é retratado esse caráter abstrato dos modelos se não fosse o fato de ele acrescentar a isso uma interpretação cognitivista. Mas apenas a alegação contida nessa última passagem – de que as entidades abstratas são construídas pelos indivíduos que elaboram a teoria e lidam com ela – é a nosso ver uma forma adequada de encaminhar o problema, um meio de dar para ele uma solução que, ainda que parcial, poderia evitar ao mesmo tempo o platonismo e o cognitivismo. E o comentário de Giere, obviamente, pretende evitar uma interpretação platônica. Retornaremos a esse ponto no fim desta seção.

Voltando à questão da similaridade com Suppe, de fato, sua concepção dos *modelos teóricos* (expressão que Giere utiliza) é um pouco mais detalhada que a de Suppe dos sistemas físicos abstratos. Giere tem também a preocupação de relacionar os modelos teóricos com as leis (como aquela mencionada na última citação, acima, a Lei de Hooke) e com as hipóteses (o segundo elemento das teorias) que conectam os modelos com sistemas concretos. Giere diz:

A relação entre algumas equações (convenientemente interpretadas) e seus modelos correspondentes pode ser descrita como uma relação de caracterização, ou mesmo de definição. Podemos mesmo apropriadamente falar aqui de “verdade”. Mas a verdade aqui não tem importância *epistemológica*. As equações descrevem verdadeiramente o modelo porque ele é identificado como alguma coisa que satisfaz exatamente tais equações (GIERE, 1990, p. 79; *itálico no original*).

Mais do que isso, os diferentes modelos científicos apresentam graus de abstração diferentes. Por exemplo, ao acrescentarmos um novo fator a ser considerado pelo modelo (por exemplo, se ao oscilador harmônico simples acrescentarmos o atrito), construiremos um novo modelo, de oscilador harmônico com aceleração, com diferente grau de abstração, portanto, uma vez que incorpora uma variável que antes era deixada de lado (GIERE, 1990, p. 79-80; cf. também GIERE, 1999, p. 167). Assim, há uma coleção de modelos de osciladores harmônicos, com diferentes graus de especificidade. E o mesmo podemos então ter para cada tipo de modelo científico, obviamente, dependendo dos diferentes graus de abstração que pretendemos, o que resulta em famílias de modelos ou coleções de modelos semelhantes.

Por outro lado, insiste Giere, os modelos não podem apenas ser tomados nessas relações entre eles mesmos – caso em que, podemos dizer, temos *modelos de modelos*, na medida em que o modelo de maior grau de abstração também representa aquele de menor grau. Os modelos também devem ser entendidos como representações de sistemas reais (isto é, concretos), o que é, afinal, sua finalidade primordial, segundo Giere.

A esse respeito, ele rejeita tanto a noção de verdade como correspondência entre modelos e partes da realidade, quanto a noção devida a van Fraassen, de adequação empírica enquanto isomorfismo parcial entre modelos e aparências, concepção que comentamos no capítulo anterior. As razões de Giere para rejeitar a noção de adequação empírica tal como apresentada por van Fraassen são similares às de Moulines, que mencionamos antes. Para Giere, a noção de isomorfismo é forte demais em relação àquilo que os cientistas realmente fazem quando lidam com modelos. Por sua vez, a noção de verdade não é adequada, diz ele, porque quando comparamos modelos e sistemas reais não estamos comparando entidades linguísticas, aquelas a cujo respeito cabe intro-

duzir a noção de verdade (GIERE, 1990, p. 80–81; cf. também GIERE, 1999, p. 92).

Assim, em lugar dessas duas noções, Giere vai introduzir a noção de *similaridade*. É quando entram em cena então as hipóteses como o segundo elemento das teorias científicas. Giere diz:

Sugiro que a relação apropriada é a *similaridade*. As hipóteses, então, alegam a *similaridade* entre modelos e sistemas reais. Mas, uma vez que qualquer coisa é semelhante a qualquer outra coisa em algum aspecto e em algum grau, as alegações de similaridade são vazias sem pelo menos a especificação implícita dos *aspectos* e *graus* relevantes. A forma geral das hipóteses teóricas é a seguinte: tal e qual sistema real identificável é semelhante a um modelo apontado em determinados aspectos e graus (GIERE, 1990, p. 81; itálicos no original).⁵

Ainda que Giere vá apresentar na sequência de seu texto também uma interpretação cognitivista daquilo que o vemos dizer na passagem acima citada, a ideia central não é outra além daquela de analogia, que já discutimos no capítulo 2. Mas Giere, de fato, toma essa noção de analogia entre o modelo (o sistema idealizado) e o sistema real (ou concreto) de uma forma interessante. Pois, para ele, é uma parte integrante da atividade científica determinar o grau de similaridade entre esses dois tipos de sistemas; e essa é a função do segundo elemento constitutivo das teorias, as hipóteses.

Para Giere, diferentemente das leis (ou equações), que são dadas na própria formulação inicial de uma teoria, as hipóteses devem ser desenvolvidas continuamente, desde então, e em diversas direções diferentes, para podermos ter uma ponte entre o sis-

⁵ Esse é um aspecto da questão que será mais bem elaborado em GIERE, 2006, na defesa de seu perspectivismo, que comentaremos no capítulo 8.

tema abstrato do modelo e os sistemas reais (GIERE, 1990, p. 85s).⁶

Embora em seu outro livro, *Science without Laws*, Giere (1999) defenda a mesma concepção dos modelos científicos, há uma diferença no que se refere à relação dos modelos com outros elementos ligados à teoria ou, melhor dizendo, aspectos da atividade científica. Nesse seu outro livro, Giere procura eliminar a noção de lei em favor da noção mais geral de *princípio*. Segundo ele (1999, p. 94s), os princípios (como o que ele denomina *Princípio do Movimento*, ou o *Princípio da Atração Gravitacional*) já são suficientes para construirmos os modelos por meio dos quais procuramos representar determinados aspectos do mundo. Essa modificação, contudo, não afeta o que há de essencial em seu *realismo construtivo*.⁷

Para terminar esta seção, vamos retomar a questão da interpretação cognitivista de Giere quanto à natureza dos modelos teóricos. Como vimos, esse autor concebe os modelos científicos como entidades abstratas; elas são abstratas, segundo ele, assim como as entidades matemáticas e linguísticas, mas distintas desses dois últimos tipos – uma ideia com a qual concordamos, tal como já enfatizamos acima e em outros textos (cf. DUTRA, 2020, cap. 4). Mas, como também já indicamos, não concordamos com a interpretação de termos como “abstrato” e “ideal” de forma cog-

⁶ O papel das hipóteses, segundo Giere, é semelhante àquele que reservamos para o que denominamos *modelos-ponte* (cf. DUTRA, 2020, cap. 8), uma noção que desenvolvemos independentemente da discussão de Giere. A esse tema voltaremos no capítulo 9. GIERE, 2006, por sua vez, fala de *modelos de dados*, que fazem a ligação entre as observações e os modelos teóricos, noção que ele empresta de Patrick Suppes.

⁷ A mesma concepção dos princípios é mantida em GIERE, 2006, que defende outra forma de realismo, o perspectivismo, posição que se propõe como alternativa tanto ao que Giere denomina então *realismo objetivista*, quanto ao construtivismo; cf. GIERE, 2006, cap. 1; cf. também nosso capítulo 8, adiante.

nitivista. As entidades que tomamos como *abstratas* ou *idealizadas*, em oposição àquelas que seriam *concretas*, não precisam dizer respeito necessariamente a nossas ideias ou possíveis estados mentais ou cognitivos. A via que Giere adota para explicar a natureza dos modelos científicos – o cognitivismo – não é a única possibilidade que evita o platonismo – supondo que seja desejável evitá-lo.

Também as entidades matemáticas e linguísticas podem ser interpretadas de forma cognitivista, assim como, obviamente, para essa perspectiva, tudo o mais que possa ter valor cognitivo. Entretanto, de nosso ponto de vista, ao contrário, assim como as entidades linguísticas podem ser interpretadas de outras formas, do mesmo modo podem os modelos científicos. Uma interpretação abrangente dos fenômenos ligados à linguagem verbal tal como encontramos nas línguas naturais pode ser o objetivo de uma teoria cognitivista, sendo o melhor exemplo conhecido a teoria de Chomsky. Mas uma interpretação similar e alternativa a essa pode ser também o objetivo de outras abordagens, não cognitivistas, estando entre elas o behaviorismo e o pragmatismo, por exemplo.

Um dos problemas que encontramos nesse domínio é o da relação entre a competência do falante e as regras gramaticais que, por assim dizer, fazem uma *reconstrução racional* de sua competência verbal. Embora o falante de uma língua natural, como sabemos, possa cometer erros e utilizar expressões não gramaticais (ou gramaticalmente incorretas) – porque as regras gramaticais, obviamente, não dizem respeito ao seu idioleto, mas à língua como um todo –, ele é membro da comunidade que, coletivamente, fixa a norma e, portanto, é capaz de determinar para cada possível sentença (ou sequência de símbolos supostamente) construída em sua língua se ela é correta (quanto à sintaxe) e significativa (quanto à semântica). Mas a língua e as normas que a caracterizam são, obviamente, abstrações ou idealizações, na medida em que a língua não se identifica nem com os diversos idioletos, nem com falares ou dialetos.

Esse problema guarda uma semelhança relevante com uma das questões importantes que Giere coloca a respeito dos modelos científicos ao concebê-los como entidades abstratas, em acréscimo às entidades linguísticas e matemáticas. Trata-se do problema de saber quais são os modelos que *pertencem* a determinada teoria científica. Segundo Giere (1990, p. 86s), são os cientistas que *conhecem* a teoria e trabalham com ela que podem decidir sobre isso. Em última instância, são eles que, coletivamente, *constroem* os modelos. Ao contrário de outras abordagens na filosofia da ciência que relacionam teorias e modelos (como a abordagem semântica na versão de van Fraassen, por exemplo), a versão de Giere não identifica uma teoria científica com uma mera família de modelos.⁸ Para ele, como vimos, além dos modelos, as teorias científicas também contêm hipóteses que relacionam tais modelos com sistemas no mundo real. Por isso, de fato, Giere prefere falar de uma *população de modelos* que estão relacionados com determinada teoria. Mas tal população não está completamente determinada; e, portanto, também a teoria à qual tais modelos estão ligados não está bem (ou completamente) determinada.

Do mesmo modo, quando tomamos um idioleto ou um dialeto de uma língua, ela deixa de estar completamente determinada. Em certo sentido, mesmo que tomemos a própria gramática da língua, essa última também não está completamente determinada, pois os falantes podem sempre apresentar novas realizações. E essas novas realizações – possíveis porque estão baseadas na competência dos falantes da língua – podem estar ou não de acordo com a gramática estabelecida (até então), como sabemos. Dada

⁸ Cf. também DUTRA, 2020, cap. 4, onde também defendemos que as teorias e os modelos científicos são tipos diferentes de entidades abstratas, ao contrário do que sustenta van Fraassen, não podendo uma coisa ser imediatamente identificada com a outra. Ou seja, uma teoria científica não é direta e simplesmente uma família de modelos, tal como quer van Fraassen.

uma nova realização, a questão então é saber: está ela ou não de acordo com a gramática vigente da língua?

De forma semelhante, surge então o problema que Giere deseja resolver em viés cognitivista: dado certo modelo, pertence ele ou não (ou pode estar ligado ou não) a determinada teoria científica? Para Giere, são os cientistas que trabalham com tal modelo que podem decidir a questão. A nosso ver, a resposta é correta e perfeitamente aceitável, mas não porque ela é entendida de forma cognitivista. Assim como no caso das possíveis sentenças de uma língua natural, caso em que os falantes da língua (tomados de maneira idealizada) é que são os indivíduos habilitados para decidir o assunto, no caso dos modelos científicos, são certamente aqueles indivíduos que *conhecem* a teoria e seus modelos (porque a estudaram e com ela trabalham) que podem decidir a questão. E, assim como no caso da língua natural, isso não conduz necessariamente a abraçar o cognitivismo. O mesmo se aplica ao caso dos modelos científicos.

É sugestiva a ideia de Giere de que os modelos de determinada teoria científica são uma população difusa ou indeterminada. Trata-se de uma coleção aberta de entidades abstratas que não são objeto de conhecimento de um indivíduo humano apenas, mas da coletividade dos cientistas que *conhecem* e utilizam tais modelos. A analogia que, a nosso ver, é relevante nesse caso, entre as sentenças de uma língua e os modelos de uma teoria é que ambos os tipos de coisas são abstratos e *construídos* coletivamente pelos usuários – seja a língua, seja a teoria científica. Não apenas por isso, como veremos no capítulo 8, mas *também por isso* os modelos científicos, assim como as expressões de uma língua, são entidades abstratas.

O fato de falarmos de entidades abstratas em ambos os casos não coloca as entidades linguísticas e os modelos científicos (assim como as entidades matemáticas) existindo nem num mundo platônico de Formas eternas, nem, para evitar essa última possibilidade, existindo então necessariamente nas mentes dos indi-

vídus que lidam com tais entidades abstratas. Em todos esses casos (de entidades linguísticas, ou matemáticas, ou científicas em geral, como modelos e teorias), estamos falando de entidades que são abstratas, em primeiro lugar, porque não são objetos de conhecimento de um indivíduo apenas, mas, em princípio, de todos os que são competentes àquele respeito, da coletividade dos usuários.

Todos os que se preocupam com essa questão dirão certamente que isso é apenas parte da resposta e que isso não nos dispensa de procurar elucidar a natureza de tais entidades abstratas. É verdade, mas reconhecer o que dissemos como parte da resposta já seria um bom início para podermos encontrar uma resposta mais abrangente que evite ao mesmo tempo o cognitivismo e o platonismo, que é o que procuraremos fazer no capítulo 8.

Aparentemente, o próprio Giere também não ficou satisfeito com sua forma de resolver esse problema, uma vez que em seu último livro, *Scientific Perspectivism* (2006, cap. 5), ele recorre a uma forma *externalizada* de cognitivismo, aquela defendida por Hutchins (1996). A ideia principal desse último autor, ideia que Giere retoma, é a de *cognição distribuída*. Segundo essa doutrina, um sistema cognitivo pode não se reduzir à mente de um indivíduo (humano) e o processamento da informação que ele realiza internamente, mas estende-se também àqueles dispositivos (no ambiente) dos quais ele depende para realizar o processamento. E por isso essa seria uma forma externalizada de cognitivismo. O exemplo típico dado por Hutchins em seu livro e retomado por Giere é o de um grupo de pilotagem que conduz um navio para acostagem e atracação em um porto, processo no qual participam, além dos navegadores e do piloto propriamente, observadores laterais que passam informação sobre a localização do navio com relação a determinados pontos de referência nas imediações. Segundo ambos esses autores, o sistema cognitivo é a totalidade envolvendo os indivíduos humanos e a instrumentação necessária

(GIERE, 2006, p. 98s). Isoladamente, sem a ajuda dos outros indivíduos e dos instrumentos utilizados, o piloto não poderia realizar seu trabalho.

Segundo Giere, o mesmo processamento *externalizado* de informação ocorre quando, por exemplo, recorremos à técnica tradicional de fazer uma multiplicação com números grandes, escrevendo os resultados parciais em diferentes linhas, uma abaixo da outra, cada uma delas deslocada à esquerda em um dígito, e depois somando essas linhas (GIERE, 2006, p. 97). Nesse caso, o processamento é feito pelo indivíduo, normalmente, apenas com ajuda da representação externa, e por isso ele também é distribuído.

Com base então nessa ideia, Giere (2006, p. 100s) interpreta os modelos científicos como *partes de sistemas cognitivos distribuídos*. Ele analisa quatro tipos de modelos: (i) modelos *diagramáticos*, (ii) modelos *pictóricos*, (iii) modelos *físicos* e (iv) modelos *abstratos*. E afirma que os três primeiros tipos são facilmente assimiláveis a dispositivos externos (no ambiente) aos quais recorremos para processar determinada informação. Ora, trata-se de diagramas, mapas, maquetes e quaisquer representações em duas ou três dimensões, isto é, sempre modelos concretos ou icônicos, como os temos chamado ao longo deste livro.

Contudo, ao chegar ao quarto tipo de modelo, Giere se depara com um problema mais complicado; ele reconhece que “não está claro em que sentido um modelo abstrato pode ser externo” (2006, p. 105), tal como requer a noção de cognição distribuída. Aqui o autor se vê quase em um dilema do qual, a nosso ver, ele não consegue escapar. Em primeiro lugar, na medida em que se presume que um modelo abstrato não se localiza no espaço e no tempo, que ele não é concreto, como os outros três tipos, diz Giere; a única alternativa pareceria localizá-lo então na mente dos indivíduos que lidam com ele. Mas isso conduziria, diz o autor (2006, p. 105), a uma dificuldade aparentemente insuperável, que seria a de que cada indivíduo poderia possuir, de fato, um modelo

interno diferente daqueles dos outros indivíduos. E, logo, nenhum desses modelos *internos* poderia ser considerado *o modelo abstrato*.

Ora, para esse problema milenar da filosofia, procurando então, mais uma vez, evitar o platonismo, Giere recorre a um estratagemma externalista, segundo o qual o uso da linguagem sustenta o modelo abstrato de modo externalista. Giere nos convida a imaginar três amigos que estão planejando uma festa e que dela falam, procurando determinar mais exatamente como ela será. Segundo Giere, essa festa começa como uma *entidade abstrata*, para só mais tarde se tornar um evento no espaço e no tempo. Ele conclui então:

Aqui já temos o início de uma resposta plausível para a questão de como os seres humanos interagem com modelos abstratos. Eles o fazem utilizando a linguagem, tanto a linguagem comum, quanto aquela que é altamente técnica. Os três amigos do meu exemplo constroem seu modelo da festa ao falarem dela. Além disso, eles também podem raciocinar sobre ela, dando-se conta, por exemplo, de que o número de participantes possíveis está ficando grande demais para o espaço disponível. Contudo, não se segue que a possível festa, em si mesma, seja de forma alguma proposicional, uma mera entidade linguística. Meus três amigos não estão falando sobre o que estão dizendo; eles estão falando sobre uma possível festa (GIERE, 2006, p. 106).

Essa solução de Giere é, de fato, engenhosa, mas apenas no aspecto epistemológico, e não no aspecto ontológico. Ele oferece uma explicação plausível de como, por meio da linguagem (vista como uma série de eventos de comunicação ou intercâmbios no espaço e no tempo), os indivíduos discutem as propriedades de entidades abstratas, e por meio disso podem ou inventá-las, ou aperfeiçoá-las, ou conhecê-las melhor. Mas nada é dito sobre a própria natureza das entidades abstratas enquanto tal. E, em última instância, Giere não alcança explicar mais do que a relação que os cientistas estabelecem entre modelos abstratos e modelos

concretos. Por exemplo, logo adiante da passagem já citada ele diz:

Mesmo esse entendimento rudimentar dos modelos abstratos como entidades abstratas é suficiente para apoiar nosso entendimento do desenvolvimento e do uso dos modelos abstratos como uma instância da cognição distribuída. Os cientistas tradicionais, sozinhos e apenas com lápis e papel, já são sistemas cognitivos distribuídos. Eles interagem fisicamente com seus diagramas e equações e, por meio disso, abstratamente, com um suposto modelo abstrato mais complexo (GIERE, 2006, p. 106).

A passagem prossegue falando então da interação de dois cientistas, do uso de instrumentos, como computadores etc., interpretando todas as possibilidades como instâncias de sistemas cognitivos distribuídos nos quais emergem modelos abstratos.

Ora, é verdade que um ou mais cientistas, recorrendo aos modelos concretos e quaisquer outros artefatos ou dispositivos, observando seu funcionamento, utilizando-os para obter e processar informação de qualquer tipo e discutindo esses dados, podem correlacionar tudo isso com modelos abstratos. E normalmente é isso mesmo o que ocorre. Mas essa explicação, se tomada realmente a sério, apenas resulta em termos de reconhecer, como quer Hutchins (1996), que mesmo adotando uma perspectiva cognitivista, um sistema cognitivo não pode se reduzir a um indivíduo (humano) isoladamente, uma vez que ele não pode, segundo Hutchins e Giere, processar determinadas informações sem a ajuda de dispositivos (e outros indivíduos) localizados no ambiente. Mas isso, que pode ser uma versão externalizada e até razoável do cognitivismo, ainda não explica a natureza abstrata dos modelos científicos enquanto réplicas abstratas.

A nosso ver, paradoxalmente, Giere apresenta nos capítulos 2 e 4 de *Scientific Perspectivism* os elementos para uma solução realmente ontológica do problema. Mas, aparentemente, ele não

se dá conta de possuir tais recursos conceituais. O perspectivismo defendido por Giere, a nosso ver, permite sustentar uma interpretação realista das instituições, como veremos no capítulo 8, e também dos modelos e demais entidades abstratas. A ideia perspectivista básica é que determinadas coisas só existem para determinados indivíduos e como resultado da interação entre eles e com outros elementos do ambiente. Mas tais coisas são reais mesmo assim. Um exemplo interessante utilizado por Giere em seu livro (2006, cap. 2) é o das cores. Ora, embora não dependam apenas de propriedades dos objetos vistos por nós como coloridos, mas também de nossas capacidades *visuais*, do ponto de vista do realismo perspectivista defendido por Giere, elas são reais tanto quanto aquelas características que a tradição filosófica moderna considera propriedades primárias dos corpos, como extensão e massa.⁹

5.2 Projetos de máquinas nomológicas

Nancy Cartwright apresentou suas primeiras reflexões sobre a natureza dos modelos científicos em seu livro *How the Laws of Physics Lie* (CARTWRIGHT, 1983), especialmente no capítulo 8, no qual ela elabora uma concepção da explicação científica e dos modelos aí empregados como *simulacros*. Isso faz parte de sua argumentação antirrealista ou, mais precisamente, sua de-

⁹ Cf. GIERE, 2006, cap. 2, esp. p. 36s. Giere cita o ponto de vista de Galileu, Descartes, Boyle e Newton, posteriormente também defendido em parte por Locke e Hume. Uma exceção seria, obviamente, Berkeley, para quem todas as propriedades seriam, por assim dizer, *secundárias*, já que sempre dependeriam de quem as percebe. Nem Berkeley, nem Kant, que, de certa forma, retomou o mesmo ponto de vista desse último, são citados por Giere. Além disso, mesmo do ponto de vista da física atual, é possível sustentar uma posição diferente, para a qual as supostas propriedades primárias dos corpos não deixariam de ser relacionais e, portanto, disposicionais. Mas não é preciso entrarmos por ora nessa discussão.

fesa de uma forma de realismo de entidades e recusa do realismo de teorias.¹⁰ Além disso, apesar de a doutrina de Cartwright também fazer parte daquelas abordagens que Moulines denomina *modelísticas*, como mencionamos no capítulo anterior, a autora não é adepta da concepção semântica de van Fraassen, Suppe, Giere e outros.

No livro acima referido, argumentando então contra o realismo de teorias, Cartwright afirma que as leis fundamentais de uma teoria *mentem*. Isto é, não são verdadeiras as leis que empregam termos teóricos e que dizem respeito a entidades que estariam por trás das aparências. Ao contrário, segundo ela, o que nos conduz da teoria científica para a realidade são os modelos e as leis fenomenológicas, isto é, aquelas leis que relatam as aparências. Enquanto as leis fenomenológicas podem ser então verdadeiras em relação aos objetos da realidade, as leis fundamentais são verdadeiras apenas em relação aos objetos contidos nos modelos científicos. Assim, a falsidade das leis fundamentais decorre do fato de possuírem elas um maior poder explicativo (CARTWRIGHT, 1983, p. 4). Além disso, essas leis fundamentais não dirigem, de fato, os objetos da realidade, mas aqueles contidos nos modelos (1983, p. 18 e 129).

Contudo, a maneira como Cartwright pode então sustentar uma forma de realismo sobre as entidades requer saber como é sua teoria da explicação e o papel que os modelos desempenham nesse contexto. Ela apresenta seu *modelo* da explicação científica como alternativa ao conhecido modelo das leis de cobertura (*cove-*

¹⁰ A ideia fundamental por trás da distinção entre um realismo de teorias e um realismo de entidades (como dois componentes do realismo científico), tema hoje amplamente discutido na filosofia da ciência, é que o realismo de teorias envolve a crença na verdade (aproximada) das teorias científicas, enquanto que o realismo de entidades envolve a crença na existência das entidades inobserváveis das quais falam as teorias científicas. Cf. VAN FRAASSEN, 1980, 2007; cf. também DUTRA, 2017a, cap. 4.

ring-law model),¹¹ concepção da explicação que recorre a leis fundamentais e aos aspectos microscópicos e ocultos da realidade a que elas se referem. Cartwright diz então:

Proponho, em vez disso [o modelo das leis de cobertura], uma noção de “simulacro”. Essa não é uma palavra que ainda utilizemos, mas uma de suas definições de dicionário captura exatamente o que quero dizer. De acordo com o segundo verbete [para o termo] do *Oxford English Dictionary*, um simulacro é “algo que possui apenas a forma ou aparência de determinada coisa, sem possuir sua substância ou qualidades próprias”. De acordo com a concepção da explicação como simulacro, explicar um fenômeno é construir um modelo que ajusta o fenômeno à teoria. As leis fundamentais da teoria são verdadeiras a respeito dos objetos do modelo e são usadas para derivar um relato específico de como esses objetos se comportam. Mas os objetos do modelo possuem apenas a “forma ou aparência das coisas” e, em sentido muito forte, não sua “substância ou qualidades próprias” (CARTWRIGHT, 1983, p. 17).

No capítulo 8 Cartwright procura então caracterizar os modelos que entram nesse processo de explicação. A noção de simulacro está, obviamente, associada a eles. Cartwright diz:

Um modelo é uma obra de ficção. Algumas propriedades atribuídas aos objetos do modelo serão propriedades genuínas dos objetos modelados, mas outras serão apenas propriedades de conveniência. A expressão “propriedades de conveniência” foi sugerida por H. P. Grice, e ela é apropriada. Algumas das propriedades e relações no modelo serão propriedades reais, no sentido de que outros objetos, em outras situações, poderiam possuí-las genuinamente. Mas elas são introduzidas no modelo como uma conveniência, para conduzir os objetos modelados

¹¹ Os *modelos* da explicação científica, entre eles o referido modelo das leis de cobertura, são discutidos extensamente na literatura. Para uma visão de conjunto, cf. ACHINSTEIN, 1983.

para dentro do alcance de uma teoria matematizada (CARTWRIGHT, 1983, p. 153).

Cartwright admite também, ao menos implicitamente, que os modelos podem se aproximar mais ou menos da realidade, isto é, que podem ser abstratos em diferentes graus, uma noção que, como vimos acima, é claramente apresentada por Giere. Cartwright diz a esse respeito:

Às vezes, para dado modelo, é possível inventar (ou encontrar) uma situação real na qual os principais aspectos relevantes para a fenomenologia são apenas aqueles mencionados no modelo, e nenhum outro. O hélio de baixa densidade, por exemplo, é um gás quase ideal do ponto de vista do modelo das bolas de bilhar da mecânica estatística. Nesses casos, somos inclinados a pensar o modelo como uma réplica exata da realidade e a atribuir aos objetos modelados não apenas as propriedades genuínas do modelo, mas também as propriedades de conveniência (CARTWRIGHT, 1983, p. 156).

Estivemos utilizando até aqui os termos “abstração” e “idealização” no mesmo sentido, embora eles não possuam a mesma significação, ainda que tendo conotações próximas. Mesmo que essa diferença, a nosso ver, não seja importante na caracterização que procuramos fazer dos modelos científicos, a partir de determinado momento de suas discussões sobre esse assunto, Cartwright passa a considerá-la necessária, exatamente no livro *Nature's Capacities and Their Measurement* (2002, cap. 5). Além disso, Margaret Morrison, cuja concepção de modelo examinaremos no próximo capítulo, concepção fundamentada nas ideias de Cartwright, também sustenta a mesma distinção. Assim, antes de passarmos à parte mais interessante da concepção de modelo de Cartwright – sua discussão sobre os projetos de máquinas nomológicas –, vamos examinar brevemente esse tema.

A mesma distinção é feita por Frederick Suppe (1989, cap. 3). Para ele, numa idealização temos uma situação causalmente

impossível, enquanto numa abstração a situação é causalmente possível. Por exemplo, no plano inclinado *ideal* não há atrito, ou resistência do ar, ou forças eletromagnéticas agindo sobre os objetos, isto é, nenhuma interferência de outros sistemas físicos, o que não representaria uma situação física possível. Por outro lado, os planos inclinados *abstratos* desconsideram alguma interferência sobre o sistema descrito (ou o atrito, ou a resistência do ar etc.), o que supostamente consistiria em situações possíveis. O próprio Suppe (1989, p. 167) afirma, contudo, que a distinção pode ser em geral deixada de lado, uma vez que, na maioria dos modelos científicos, as interferências de outros sistemas não são ignoradas, mas apenas consideradas muito pequenas. A nosso ver, assim, não haveria uma real diferença de tipos – *modelos ideais*, de um lado, e *modelos abstratos*, de outro –, mas apenas uma diferença de grau.

A distinção apresentada por Cartwright é diferente daquela de Suppe. Esse último está, como Giere, preocupado apenas com o grau com que determinado modelo se afastaria de sistemas concretos. Mas, para Cartwright, quando falamos de abstração e de idealização (ou de abstrair e de idealizar), trata-se de dois diferentes processos de pensamento, processos que levam, portanto, a resultados diferentes. Ela apresenta sua distinção ao comentar as discussões de Ernan McMullin sobre os métodos de Galileu que, segundo esse autor e a própria Cartwright (2002, p. 185s), consistiam em afastar de determinada situação aqueles fatores que impediriam de estudar um sistema sob determinado aspecto, conduzindo então ao que se denomina *idealização galileana*. Assim, a este respeito, Cartwright comenta:

“Idealização” é uma palavra comum de se usar para discutir os métodos galileanos e também para muitas discussões sobre a relação entre os modelos e suas aplicações na ciência contemporânea. Mas meu problema, e o de [John Stuart] Mill – e também, acho, o principal problema ao relacionarmos os modelos com a realidade – não é um problema de idealização, mas, em vez disso, de abstração; e assim, de fato, era como o problema

era chamado na época de Mill e de Ricardo. Sucintamente, penso que podemos distinguir dois processos de pensamento, o primeiro dos quais vou chamar de *idealização*, o segundo, de *abstração*. O que os filósofos realmente querem dizer com “idealização” hoje em dia é uma mistura das duas coisas. Essa combinação não é surpreendente, uma vez que as duas coisas estão intimamente ligadas. Usualmente, ao construirmos um modelo ideal, a questão é a de estabelecer uma lei abstrata. Mas a lei que realmente é exemplificada no modelo não é a mesma lei abstrata que é estabelecida por esse procedimento. Por um lado, a lei abstrata parece dizer mais, uma vez que se supõe que ela cubra uma grande variedade de situações, para além daquelas representadas no modelo ideal. Por outro lado, como aponta Mill, o que a lei diz parece ser literalmente verdadeiro não em uma dessas situações, a não ser, é claro, que a tomemos como uma lei sobre tendências.

Eis como desejo distinguir idealização de abstração para os propósitos deste livro: na idealização partimos de um objeto concreto e mentalmente rearranjamos alguns dos aspectos inconvenientes – algumas de suas propriedades específicas – antes de formularmos uma lei para ele. O paradigma é o plano sem atrito. Começamos com um plano particular, ou toda uma classe de planos. Uma vez que estamos utilizando esses planos para estudar as propriedades inerciais da matéria, ignoramos as pequenas perturbações produzidas pelo atrito [...].

Ao contrário disso, quando tentamos formular as leis de tendências, de Mill, consideramos os fatores causais fora do contexto completamente. Não é uma questão de *modificar* quaisquer aspectos particulares ou propriedades, mas, em vez disso, de *subtrair* não apenas as circunstâncias concretas, mas mesmo o material no qual a causa está encaixada e tudo o que disso se segue (CARTWRIGHT, 2002, p. 186-187; itálicos no original).

Tendo em conta a distinção de Suppe entre abstração e idealização que mencionamos antes, de fato essa distinção proposta por Cartwright resulta um tanto surpreendente, pois ela parece ser quase que exatamente o contrário. Ou seja, aqui, são as abstrações que parecem possuir esse caráter *utópico*, digamos, que as idealizações segundo Suppe possuem. Mas Cartwright argu-

menta ainda que se trata de uma concepção aristotélica (e não galileana, portanto), para a qual abstrair é o mesmo que subtrair ou retirar algo de determinada situação. Para ela, além disso, essa seria também a forma como tanto Duhem como Lord Kelvin utilizavam o termo “abstrato” (CARTWRIGHT, 2002, p. 197).¹² A questão, a nosso ver, contudo, não é se a distinção proposta por Cartwright pode contar com a aprovação (*póstuma*) de autoridades como Aristóteles, William Thomson e Pierre Duhem, além de John Stuart Mill, mas se ela faz realmente algum sentido para compreendermos o papel dos modelos na investigação científica.

Em defesa dessa iniciativa de Cartwright, vale dizermos que ela está preocupada no capítulo 5 de seu mencionado livro (2002, p. 183) com os dois movimentos que fazemos entre, de um lado, a realidade e, de outro, teorias, modelos e leis – os movimentos *ascendente* e *descendente*. É claro que aquilo que ela denomina *idealização* corresponde claramente ao movimento ascendente por meio do qual vamos de sistemas concretos para os modelos, enquanto que, aparentemente, o que ela denomina *abstração* permitiria fazer o movimento contrário, por meio das leis abstratas que ela discute do ponto de vista de Mill e que, segundo ela, estão relacionadas com as *capacidades*, o que é o tema central do próprio livro. Vale dizer aqui que nesse livro Cartwright passa a defender uma doutrina realista em relação às capacidades – e não mais em relação às entidades. Mas essa sua nova posição na filosofia da ciência, fora a distinção entre idealização e abstração, não traz maiores modificações quanto à sua noção de modelo científico.

De qualquer forma, mesmo que possamos compreender a necessidade que então se impõe a Cartwright na referida obra

¹² Sobre as ideias de Lord Kelvin e de Duhem, cf. nossa discussão no capítulo 2, acima. Não nos parece ser o caso, contudo, aquilo que Cartwright alega, embora, por outro lado, isso também não pareça relevante. O mesmo valeria, em última instância, mesmo com relação à oposição entre as concepções de Galileu e de Aristóteles, da qual Cartwright também pretende tirar partido.

para sustentar a distinção entre abstração e idealização, isso ainda nos parece, de um lado, desnecessário e, de outro, tão superficial e questionável quanto aquela distinção similar proposta por Suppe. Pois, em última instância, nada impede de associarmos a suposta *operação de pensamento* de subtrair (ou desconsiderar), da qual fala Cartwright, não com o termo “abstração”, mas justamente com o termo “idealização”, dada a ambiguidade atual dos termos, tanto na filosofia como na linguagem comum – ambiguidade da qual não se livram, aliás, nem Cartwright, nem Suppe. Os textos de Cartwright, afinal, parecem indicar apenas que o que ela deseja denominar *abstração* (em seu alegado sentido aristotélico) é apenas o grau máximo do que ela denomina *idealização* (no sentido galileano). Sua distinção não parece então destinada a um sucesso maior do que aquele que poderia alcançar a distinção similar proposta por Suppe. A confusão que permanece, contudo, a nosso ver, não afeta a noção de projeto de máquina nomológica, que é o que de mais interessante Cartwright tem a dizer sobre os modelos científicos.

Essa noção é apresentada em outro de seus livros, *The Dappled World*,¹³ que é a obra mais interessante dessa autora sobre o tema dos modelos, obra na qual a noção de modelo é central e na qual Cartwright faz também a aproximação entre os modelos na física e nas ciências humanas, em especial na economia. Em suas discussões nesse livro, a noção de abstração tem relevância também, mas, a nosso ver, colocada então de uma forma mais direta, razoável e útil para a compreensão do papel dos modelos na atividade científica.

Cartwright volta ao tema das abstrações quando procura relacionar as leis com os modelos compreendidos como projetos de máquinas nomológicas justamente. A distinção que ela então apresenta é aquela entre *concreto* e *abstrato*, sendo dessa vez, claramente, uma distinção gradual. Ela recorre ao caso ilustrativo das

¹³ Cf. CARTWRIGHT, 1999a; cf. também CARTWRIGHT, 1999b.

fábulas infantis, por exemplo, histórias que, segundo ela, veiculam máximas contendo verdades sobre o comportamento humano, mas que valem apenas *ceteris paribus*, isto é, considerando que outros fatores não interfiram. Ou, melhor dizendo, uma fábula mostra uma situação concreta que instancia a máxima em questão. Do mesmo modo, argumenta Cartwright (1999a, p. 43s), os conceitos da física são abstratos e as leis que deles falam podem ser verdadeiras, mas em situações específicas, não como verdades universais (que se apliquem a quaisquer situações).

Além disso, Cartwright recorre ao que podemos denominar a *noção comum* de abstração, isto é, tal como mencionamos antes, o que é (mais) abstrato é aquilo que é descrito com maior grau de generalidade. Por exemplo, retomando nossa discussão sobre o caráter abstrato das entidades linguísticas na seção anterior deste capítulo, podemos dizer que, ao falarmos de uma língua natural e não de determinados dialetos, falares ou idioletos a ela ligados, estamos descrevendo os eventos verbais em um nível mais alto de abstração. Do mesmo modo, argumenta Cartwright, se uma pessoa lava a louça, limpa a casa, lava roupa etc., ao fazer tudo isso, ela está também *trabalhando*. Trabalhar não é, nesse caso, uma atividade que se acrescenta àquelas outras mencionadas. Quem diz que trabalhou em vez de relatar cada uma daquelas atividades apenas está descrevendo o que fez em um nível mais alto de abstração. E, do mesmo modo, cada uma daquelas atividades poderia ser descrita em menor grau de abstração. A argumentação de Cartwright lembra claramente a de Gilbert Ryle em seu livro *The Concept of Mind* (2002, cap. 1). Segundo esse autor, quando confundimos os níveis de abstração, cometemos erros categoriais. De fato, Cartwright cita as discussões de Ryle no referido livro quando discute as noções de capacidade e disposição em relação às máquinas nomológicas (cf. CARTWRIGHT, 1999a, p. 64s). Além disso, como veremos no capítulo 8, essa postura em face das abstrações é importante para esclarecermos em que sentido as entidades abstratas existem sem que isso implique nem o platonismo,

nem o mentalismo (ou cognitivismo), e nem mesmo, por outro lado, certo tipo de fisicalismo (ou materialismo). Assim é que, por exemplo, na física a noção de força é considerada abstrata. Cartwright diz então:

Força – e também diversos outros termos abstratos da física – não é um termo concreto da forma como um predicado de cor é. Ele é, ao contrário, abstrato segundo o modelo [de termos como] *trabalhar*, ou *ser mais fraco que*; e dizer que ele é [um termo] abstrato é dizer que ele sempre se remete a descrições mais concretas. No caso de *força*, as descrições mais concretas são aquelas que utilizam os conceitos mecânicos tradicionais, tais como *posição*, *extensão* e *massa*. Assim, [a] *força*, segundo minha explicação, é abstrata relativamente a esses conceitos da mecânica; e, sendo abstrata, [a força] só pode existir em modelos mecânicos particulares (CARTWRIGHT, 1999a, p. 45-46; itálicos no original).

O que faz com que um conceito abstrato nesse sentido – que nos parece, aliás, perfeitamente razoável e filosoficamente defensável – seja instanciado em uma situação (mais) concreta são exatamente os modelos científicos (CARTWRIGHT 1999a, p. 47). Mas aqui é relevante mencionarmos outra das distinções a que Cartwright recorre nesse seu livro, aquela entre modelo *representativo* e modelo *interpretativo*. O tipo de modelo que pode instanciar um conceito abstrato em uma situação concreta é o modelo interpretativo, ainda que a própria Cartwright reconheça que o termo não é inteiramente apropriado para o que ela quer indicar (1999a, p. 181). Ela explica como concebe esse tipo de modelo da seguinte maneira:

Para um grande número de nossas teorias contemporâneas, tal como a mecânica quântica, a eletrodinâmica quântica, a mecânica clássica e a teoria eletromagnética clássica, quando desejamos construir um modelo representativo de uma forma sistemática e segundo princípios, vamos precisar de um segundo

tipo de modelo. Pois todas essas teorias utilizam conceitos abstratos, “abstratos” no sentido desenvolvido no capítulo 2: conceitos que precisam se ajustar a formas mais concretas. Os modelos que fazem isso residem dentro da própria teoria, em seus princípios-ponte (CARTWRIGHT, 1999a, p. 180).

Os princípios-ponte (*bridge principles*) das teorias são aqueles enunciados que relacionam as noções mais abstratas com situações mais concretas (observações e medições), sendo, portanto, aqueles com os quais os referidos modelos interpretativos estão relacionados.¹⁴ Como vemos na citação acima, esse tipo de modelo é auxiliar na elaboração dos modelos representativos, que são aqueles que mais interessam para Cartwright, uma vez que são eles que representam as situações mais concretas que instanciam leis, aquelas situações das quais as teorias não podem dar conta, em virtude de seu maior grau de abstração. Cartwright comenta a este respeito o seguinte:

[...] a teoria nos dá relações puramente abstratas entre conceitos abstratos. Na maior parte das vezes, ela nos diz das capacidades ou naturezas dos sistemas que recaem sob esses conceitos. Como vimos no capítulo 3, nenhum comportamento específico é fixado até que esses sistemas sejam localizados em tipos muito específicos de situação. Quando quisermos representar o que acontece nessas situações, vamos precisar ir além da teoria e construir um modelo, um modelo *representativo*. E, como descrevi no capítulo 3, se o que acontece na situação modelada é regular e reprodutível, esses modelos representativos vão se assemelhar muito a projetos de máquinas nomológicas (CARTWRIGHT, 1999a, p. 180; itálicos no original).

¹⁴ Como indicamos no início do capítulo 1, também utilizamos a expressão “modelo interpretativo” para caracterizar as máquinas nomológicas abstratas, que podem instanciar os conceitos de uma teoria, como sugere Cartwright. Mas, para ela, seus projetos de máquinas nomológicas, como veremos, são modelos representativos (apenas), e não modelos interpretativos.

O capítulo 3 a que Cartwright se refere nessa citação é exatamente aquele no qual ela apresenta sua teoria das máquinas nomológicas e das leis que elas exibem. Os projetos para elas são os modelos representativos, que contêm as informações essenciais sobre as máquinas nomológicas a que eles se referem. Uma máquina nomológica, segundo a autora (1999a, p. 50s), é uma máquina que exhibe determinada(s) lei(s). E, por sua vez, as máquinas são “configurações estáveis de componentes com determinadas capacidades apropriadamente protegidas e postas em funcionamento continuamente” (1999a, p. 151).

A noção é suficientemente abrangente para permitir que, além de determinadas máquinas naturais que encontramos no mundo à nossa volta e que não precisam de nossa interferência, também possamos interferir nas coisas e criar outras máquinas, seja interpretando a noção de máquina em termos puramente materiais ou físicos, seja tomando-a em relação a conceitos das ciências humanas, que é também um dos focos das discussões de Cartwright em seu livro. Assim, além de máquinas naturais (das quais um exemplo seria nosso sistema solar, entre outros), temos aquelas máquinas no sentido ordinário do termo, os aparatos que construímos, dos diversos tipos. Mas também, além disso, na perspectiva da autora, podemos ter máquinas nos contextos de fenômenos sociais, caso tenhamos, obviamente, os meios para identificar e controlar certos componentes, isto é, se tivermos conhecimento das capacidades de instituições e indivíduos humanos de tal forma que possamos manipular tais capacidades apropriadamente (CARTWRIGHT, 1999a, p. 151). É assim que os modelos como projetos de máquinas nomológicas também são possíveis nos domínios das ciências humanas, tal como na economia (1999a, p. 139).

Uma máquina nomológica, por sua vez, como dissemos, é uma máquina que exhibe determinadas leis; e por isso nosso sistema solar é uma máquina nomológica natural, pois exhibe as leis de

Kepler. No caso de máquinas nomológicas naturais como essa, a questão é procurarmos descobrir as leis (ou equações) que descrevem seu comportamento. Mas, caso estejamos de posse desse tipo de conhecimento, se estivermos tratando do tipo de estrutura ou configuração de objetos no mundo que seja passível de nossa interferência e nosso controle, se quisermos reproduzir os acontecimentos, o que teremos de fazer é construir uma máquina nomológica. E para isso recorreremos aos modelos representativos, pois eles são justamente, segundo Cartwright, *projetos* para as máquinas nomológicas. Ela diz:

Quando prestamos atenção ao funcionamento das ciências matematizadas, como a física e a economia, encontramos um importante papel que os modelos podem desempenhar em nossos relatos do que acontece; e quando estudamos esses modelos cuidadosamente, vemos que eles podem oferecer precisamente o tipo de informação que identifico em minha caracterização de uma máquina nomológica (CARTWRIGHT, 1999a, p. 53).

Embora certamente fecunda, essa noção apresentada por Cartwright não nos parece completamente em acordo com o que os cientistas entendem por um modelo. A nosso ver, podemos – e devemos – ir além do *projeto* para as máquinas nomológicas e falar das próprias máquinas nomológicas, procurando compreender melhor sua natureza.

5.3 Máquinas nomológicas abstratas

A concepção de modelo científico como projeto de máquina nomológica, de fato, é a mais interessante que encontramos na literatura até o momento, mas uma questão remanescente a respeito dela é o sentido exato que devemos atribuir ao termo “projeto”. Isso não é discutido por Cartwright, mas, para terminar este capítulo e apresentar uma noção que, a nosso ver, é mais completa do que aquela defendida por essa autora, vamos come-

çar discutindo o sentido adequado em que devemos entender “projeto” quando associamos o termo à noção de modelo científico.

Juntamente com Cartwright, e também de acordo com a concepção de modelo como entidade abstrata de Giere, e com a de réplica abstrata ou sistema físico abstrato de Suppe, também vamos pressupor que um modelo científico seja uma estrutura abstrata no sentido acima estipulado, isto é, uma estrutura de maior grau de generalidade que os sistemas concretos que podemos estudar, tais como os sistemas físicos que envolvem corpos materiais. A ideia de máquina nomológica, a nosso ver, é fundamentalmente a mesma de um sistema físico, mas mais detalhada. Ou, em outras palavras, uma máquina é um tipo de sistema físico. Basicamente, as noções se aproximam uma da outra de forma a quase se confundirem, o que notamos nos próprios exemplos utilizados. Por exemplo, nosso sistema solar é um sistema físico concreto (não abstrato) do ponto de vista de Suppe; e, como vimos, ele é uma máquina nomológica natural para Cartwright.

Por outro lado, como vimos, segundo a concepção de Suppe, podemos distinguir sistemas reais (ou concretos) de sistemas abstratos, enquanto que, segundo a concepção de Cartwright, isso não é tão simples, apesar de defender ela em seu livro *The Dappled World* (1999a), como vimos na seção anterior, uma concepção de abstração semelhante à de Ryle, concepção que também nos parece razoável e filosoficamente profícua, na medida em que permite evitar tanto o mentalismo (ou cognitivismo), como aquele adotado por Giere, quanto o platonismo, que todos esses autores desejam evitar.

Ora, segundo a noção de sistema abstrato que Cartwright adota, qualquer sistema pode ser descrito com maior ou menor grau de abstração, obviamente, o que parece impedir de demarcar nitidamente um domínio de sistemas *concretos* propriamente de um domínio de sistemas puramente *abstratos*. Contando com todas as descrições, de todos os sistemas, teremos sempre sistemas

mais abstratos, e menos concretos, e vice-versa. Essa noção *gradual e relativa* de abstração, como veremos no capítulo 8, é adequada para determinados fins, inclusive alguns relacionados com os modelos científicos, na medida em que, a nosso ver, eles são entidades ou estruturas abstratas. Mas ela não é adequada para a demarcação que parece ser necessária ao lidarmos com modelos na prática científica, pois aí a distinção entre o sistema concreto e a idealização ou abstração é importante. O físico, por exemplo, deseja compreender e explicar o funcionamento de sistemas concretos, mas não são esses sistemas que ele estuda propriamente, e sim modelos, que são sistemas abstratos, como veremos no capítulo 9.

De nossa parte, procuraremos resolver essa dificuldade depois, quando todos os elementos necessários para a apresentação de nossa concepção dos modelos científicos como *máquinas nomológicas abstratas* estiverem postos – tarefa que terminaremos no próximo capítulo, ao examinarmos a noção de modelo como mediador, noção defendida por Margaret Morrison e Mary Morgan. Mas o problema também pode ser resolvido no quadro da própria concepção esboçada por Cartwright dos modelos como *projetos* de máquinas nomológicas, ainda que a noção de projeto não seja ali tão exata.

A noção de máquina nomológica de Cartwright, como vimos, separa os sistemas descritos pelo menos pelas ciências matematizadas (como a física e a economia, como ela diz) em dois grupos, a saber, aqueles sistemas que exibem leis e os que não exibem pelo menos uma lei (que possa ser expressa numa fórmula matemática). Os sistemas que exibem leis é que são máquinas nomológicas. Ora, implicitamente, isso separa os sistemas concretos dos sistemas estritamente abstratos, pois apenas sistemas abstratos, de fato, podem exibir leis no sentido em que Cartwright toma essa noção. Uma lei expressa em uma equação é verdadeira e descreve exatamente o comportamento daquele sistema que é uma máquina nomológica – e os sistemas concretos não podem ser descritos dessa maneira. Nosso sistema solar concreto – aquele

que existe no espaço e no tempo, e que podemos observar – não é exatamente uma máquina nomológica, afinal, embora ele seja apresentado assim. De fato, estritamente falando, a máquina nomológica já é um primeiro modelo ou abstração, digamos, que já se afasta do sistema concreto e que descreve uma versão (mais) idealizada dele. Assim, implicitamente pelo menos, segundo a posição sustentada por Cartwright, podemos demarcar os sistemas concretos dos abstratos, ou pelo menos daqueles que são máquinas nomológicas, o que já é suficiente para as finalidades da investigação que ela deseja empreender.

A mesma questão relativa à generalidade e à abstração se coloca com respeito à própria noção de projeto. O termo “projeto” é utilizado nos vários ramos da ciência aplicada e da técnica correntemente, por engenheiros, arquitetos, desenhistas – projetistas, enfim. Esses profissionais ligados a atividades e disciplinas que, nesse sentido, podemos então denominar *projetivas* se valem de diagramas desenhados e maquetes que representam os projetos que eles elaboram. E utilizam o termo “projeto”, por extensão e cortesia, digamos, também com relação a tais formas materiais de representação. Nesse sentido, o termo “projeto” se refere a modelos icônicos ou modelos em escala, como a planta baixa de uma casa, desenhada em papel, ou a maquete, construída com madeira, plástico, papel, cola e outros materiais. Mas o *projeto propriamente falando*, diria qualquer um desses profissionais, é aquilo que esses recursos físicos (modelos icônicos e em escala) representam. O que um projetista *projeta* não é o que ele apresenta para comunicar e deixar registrado ou representado aquilo que *concebeu*. O que ele projeta, ou concebe, ou inventa é uma idealização, uma antecipação, uma configuração ideal ou abstrata de objetos – um modelo abstrato.

Já é lugar-comum hoje dizer que muitas das realizações das ciências empíricas se devem, na verdade, mais à engenharia que à ciência pura propriamente. E por isso mesmo faz grande sentido em relação à prática científica a noção de projeto de má-

quina nomológica. Se um cientista quiser estudar em seu laboratório determinado sistema (por exemplo, um sistema físico que pode ser tomado como uma máquina nomológica), ele seguirá um modelo, que é um projeto de máquina nomológica, segundo a postura de Cartwright. Ora, nesse sentido então o modelo é necessariamente algo abstrato. Mas não apenas o modelo. De fato, o próprio *projeto* da máquina nomológica a que o modelo se refere é algo abstrato, assim como o modelo do arquiteto, do projetista nos vários ramos das engenharias etc. Assim sendo, é forçoso concluir que, do ponto de vista adotado por Cartwright, não apenas as máquinas nomológicas são abstratas, mas os projetos (os modelos) são estruturas abstratas. O físico, antes de realizar um experimento, pode também fazer um projeto da máquina nomológica que quer construir e pode apresentar esse projeto por meio de diagramas desenhados em papel ou de alguma outra forma física de representação. Mas devemos nos dar conta de que estão em questão aí três modelos, a saber: (i) um modelo como representação física, (ii) um modelo menos abstrato do que a máquina nomológica ideal, modelo construído de acordo com ela (que vamos denominar *modelo-ponte*, como veremos nos capítulos 8 e 9), e, por fim, (iii) um modelo científico propriamente, isto é, a própria máquina nomológica.

Desse modo, bem compreendida em suas consequências mais remotas – e, diríamos, interessantes – a noção de projeto de máquina nomológica deve se desdobrar nessas noções que acabamos de apresentar se queremos compreender bem, de um lado, o que é uma máquina nomológica e, de outro, o que é um projeto. De fato, ambas as coisas – projeto e máquina nomológica – só fazem sentido se tomadas como entidades, ou estruturas, ou sistemas abstratos. Na verdade, nos contextos científicos (embora não nos contextos técnicos em geral, como as engenharias e a arquitetura etc.), a noção de projeto está implícita na de máquina nomológica. Por isso, em lugar de falar de projetos de máquinas nomológicas, como faz Cartwright, preferimos falar do modelo científ

co como *máquina nomológica abstrata*, embora, ainda aqui, o próprio termo “abstrato” possa ser deixado de lado. Mas essa é uma redundância explicativa conveniente, uma vez que tendemos a confundir os sistemas abstratos com alguns sistemas concretos.

Por outro lado, se tomamos a noção de máquina nomológica de uma forma mais ampla e menos exata do que aquela adotada por Cartwright e se pensamos então que, mesmo sem exibir leis de forma exata, um sistema pode ser tomado como uma máquina nomológica, então muitos sistemas concretos (como o nosso sistema solar) podem ser considerados máquinas nomológicas. E por isso, mais uma vez, é melhor falarmos então dos modelos científicos como máquinas nomológicas abstratas, ou então *máquinas nomológicas ideais* (ou *idealizadas*).

Mediadores

A concepção dos modelos científicos como mediadores, concepção devida a Mary Morgan e Margaret Morrison, é a mais detalhada e rica em aspectos epistemológicos entre todas aquelas que discutimos aqui, apesar de, a nosso ver, ela não avançar tanto nos aspectos ontológicos, aspectos que serão objeto de discussão do capítulo 8. De fato, Morgan e Morrison desenvolveram suas ideias sobre os modelos a partir de sua colaboração com Nancy Cartwright e, ao menos inicialmente, com base nas noções defendidas por essa última. Entretanto, as análises de Morgan e Morrison vão muito além daquelas apresentadas pela própria Cartwright.

Morgan e Morrison também são organizadoras de uma das melhores coletâneas sobre os modelos científicos, *Models as Mediators* (MORGAN; MORRISON, 1999), na qual está incluído o texto *Models as Mediating Instruments* (MORRISON; MORGAN, 1999b), que é uma longa e detalhada introdução ao volume que, mais que apenas apresentar as contribuições particulares delas mesmas e de outros pesquisadores sobre o tema dos modelos nas ciências naturais e sociais (em especial a física e a economia), também delinea os principais aspectos e questões a serem considerados quanto aos modelos científicos de um ponto de vista pragmático.

Em torno da ideia central de que os modelos científicos são mediadores entre teoria e mundo, Morrison e Morgan identificam os principais aspectos epistemológicos que estão ligados à elaboração e à utilização dos modelos na prática científica. Elas resumem sua perspectiva nos seguintes comentários finais a seu já mencionado texto de autoria conjunta, dizendo:

Uma virtude de nossa abordagem é que ela mostra como e por que os modelos funcionam como um instrumento particular entre um arsenal de métodos científicos disponíveis. A consequência de nossas investigações é que os modelos não devem mais ser tratados como algo subordinado à teoria e aos dados na produção de conhecimento. Os modelos se somam aos instrumentos de medição, experimentos, teorias e dados como um dos ingredientes essenciais na prática da ciência. Eles não devem mais ser vistos na física como “teorias provisórias”, nem como um sinal da impossibilidade de tornar a economia uma ciência “adequada” (MORRISON; MORGAN, 1999b, p. 36).

Essa abordagem nos parece perfeitamente adequada para uma compreensão inovadora e aprofundada dos modelos científicos, em especial porque não está basicamente voltada para a relação dos modelos com as teorias científicas, ao contrário de outras contribuições também interessantes, como aquelas que vimos nos capítulos anteriores. Diferentemente dessas, a ideia que Morgan e Morrison defendem juntamente com aquela de que os modelos são mediadores (entre teoria e mundo) é que eles são também autônomos em relação a ambas essas instâncias. Obviamente, como veremos, e como as autoras deixam claro, tal autonomia é relativa, pois do contrário os modelos não teriam qualquer utilidade como mediadores entre ambas as instâncias mencionadas. Mas, sendo relativamente autônomos em relação tanto às teorias, quanto às circunstâncias concretas que eles modelam, os modelos científicos constituem um terceiro elemento, digamos, que tem de ser considerado em suas especificidades. E é o que as autoras pretendem fazer de uma forma abrangente.

Ora, mesmo aproveitando algumas das noções que vimos nos capítulos anteriores, neste capítulo e nos próximos vamos procurar desenvolver uma análise mais ampla dos modelos científicos do ponto de vista pragmático. A concepção de Morrison e Morgan nos ajuda enormemente nessa tarefa quanto a alguns aspectos epistemológicos. Por exemplo, um dos pontos discutidos por elas de forma inovadora diz respeito aos modelos como for-

mas de representação, um tema já abordado nos dois capítulos anteriores. Elas distinguem *representação* e *representante*, o que permite elaborar uma teoria da dimensão representacional dos modelos que, de fato, evita a concepção ingênua já mencionada, isto é, a concepção da representação como espelhamento.

De nossa parte, contudo, esse é um tema a ser mais desenvolvido no próximo capítulo, juntamente com outro aspecto que as autoras também exploram, que é o fato de que os modelos científicos estão ligados à atividade de elaborar simulações. A nosso ver, uma visão pragmática dos modelos como formas de representação os aproxima da noção de simulação, um papel que os modelos científicos desempenham de diversas maneiras. Além disso, como também veremos, a noção de simulação é mais complexa e, de fato, epistemologicamente mais interessante do que a de simulacro, mencionada por Cartwright. A simulação é um tipo mais sofisticado de simulacro, pois contempla também a dimensão nômica da atividade de modelar.

6.1 Quatro questões fundamentais

Morrison e Morgan orientam suas discussões sobre os modelos científicos como tentativas de responder a quatro questões fundamentais que elas apresentam da seguinte maneira:¹

- (1) O que confere aos modelos sua autonomia?
- (2) O que significa um modelo funcionar de maneira autônoma?
- (3) Por que aprendemos sobre o mundo e sobre as teorias quando utilizamos os modelos como instrumentos?
- (4) De que maneira esse aprendizado ocorre?

¹ cf. MORRISON; MORGAN, 1999b, p. 10-11.

A questão (1) é aquela que está relacionada com a *construção* (ou elaboração) dos modelos; a questão (2), com seu *funcionamento*; a questão (3), com o fato de que os modelos são *representações*; e a questão (4), com o *aprendizado* que decorre da utilização de modelos. Comentemos então cada uma das questões e as respostas que as autoras avançam para elas. Dessa forma, temos uma versão esquemática da teoria sobre os modelos científicos que Morrison e Morgan propõem, ainda que alguns aspectos mencionados por elas mereçam uma discussão mais pormenorizada, que faremos nas demais seções deste capítulo.

(1) CONSTRUÇÃO. Quando queremos saber o que torna os modelos *autônomos*, dizem as autoras, parte da resposta provém do fato de que eles são *construídos*. Embora eles tenham de ter relações tanto com determinadas teorias quanto com dados empíricos, obviamente, é o modo de sua elaboração que nos esclarece sobre sua autonomia. Ora, os modelos podem servir de mediadores entre teoria e mundo (ou, especificamente, os dados empíricos) porque não se reduzem apenas a representar aquilo que possam ter em comum com cada uma dessas instâncias. Frequentemente, dizem Morrison e Morgan, aos modelos são acrescentados elementos que não estão dados nem na teoria, nem nos dados empíricos.²

É a identificação mais exata desses elementos, digamos, *extrínsecos* que os modelos científicos contêm que pode explicar sua autonomia relativa e, ao mesmo tempo, como eles podem então servir de mediadores entre teoria e mundo. Em última instância, indo além daquilo que, *ipsis litteris*, dizem as autoras, podemos

² Cf. MORRISON; MORGAN, 1999b, p. 10s, para esse ponto, assim como aqueles a seguir. Em cada caso, além das observações específicas feitas pelas autoras, acrescentamos nossos comentários, ligando os diferentes temas às discussões que já empreendemos em outros capítulos deste livro, ou a discussões existentes na literatura, ou a discussões dos próximos capítulos.

dizer que é porque os modelos científicos incorporam elementos não pertencentes nem à teoria, nem aos dados, que eles podem fazer a mediação entre tais instâncias da atividade científica. De fato, a mediação não é trivial, razão pela qual, por exemplo, na abordagem axiomática às teorias científicas, acrescentam-se regras de correspondência. Ora, numa abordagem alternativa como aquela que estamos contemplando aqui (que não é semântica, mas pragmática), esse papel de mediador é feito pelos modelos, mas eles não são, obviamente, aquelas estruturas conjuntistas das quais já falamos.

Assim, em suma, a autonomia dos modelos científicos resulta do fato de que os construímos utilizando muitas vezes elementos que não são dados pelas teorias e pelos dados. Ora, uma das formas pelas quais isso é possível é justamente quando fazemos uma analogia, pois nela há referência a um sistema que não é descrito pela teoria e que não está relacionado com os dados sobre determinado sistema descrito pela teoria com o qual estabelecemos a comparação. Mas essa não seria, obviamente, a única maneira de recorrer a algum elemento externo, mesmo que seja talvez a mais frequente. Por outro lado, Morrison e Morgan não afirmam que sempre haja um recurso a um elemento externo, mas apenas que isso é *frequente*.

(2) FUNCIONAMENTO. Quando presumimos – juntamente com as autoras – que os modelos podem ser autônomos em relação tanto às teorias, quanto aos dados empíricos, levanta-se a questão a respeito de como eles assim funcionam. Segundo elas, isso depende da forma como são utilizados. Para elas, um modelo científico pode funcionar como algo autônomo porque é encarado como uma ferramenta ou um instrumento. A ideia de instrumento ou ferramenta, argumentam as autoras, é de algo que faz a mediação entre duas outras coisas, como, por exemplo, um martelo que pode mediar um prego e uma parede. E o martelo é algo independente tanto da parede quanto do prego. Assim, mais uma vez, os

modelos científicos são autônomos porque são utilizados como instrumentos ou ferramentas de pesquisa.

A ideia de tomar os modelos como ferramentas ou instrumentos é altamente sugestiva e lembra imediatamente as reflexões de Wittgenstein nas *Investigações filosóficas* (2001) sobre a linguagem, obra e autor que, contudo, não são citados por Morrison e Morgan. Isso é muito curioso, mas compreensível, uma vez que elas fazem suas reflexões em um viés mais científico, digamos, do que filosófico. De qualquer forma, certamente, os modelos científicos são empregados pelos cientistas como ferramentas de investigação ou instrumentos nesse sentido. Mas a referência a Wittgenstein interessaria ainda, pois também podemos pensar os modelos como coleções de instrumentos de pesquisa que não exibem uma *natureza comum*, mas que apresentam apenas certa semelhança de família. Esse ponto nos parece pertinente quando pensamos no emprego do termo “modelo” para os diversos tipos de estruturas das quais temos tratado neste livro (como: modelos em escala, modelos conjuntistas, modelos como réplicas abstratas etc.). Mas, por outro lado, a nosso ver, os modelos científicos que fazem o papel de mediadores, tal como Morrison e Morgan os descrevem, esses é que nos parecem possuir uma natureza comum determinada, desde que tomemos o emprego do termo “natureza” aqui de uma forma ampla, tal como tomamos o termo neste livro. As autoras, em sua discussão, de fato, pretendem contribuir para o entendimento de pelo menos alguns aspectos constitutivos dos modelos científicos – sua *natureza*, portanto, nesse sentido científico e pragmático. E, do mesmo modo, é o que desejamos fazer nos capítulos restantes deste livro. A nosso ver, de fato, como já foi mencionado, além dos aspectos enfatizados por Morrison e Morgan, há toda a dimensão propriamente ontológica dos modelos como abstrações, tema do qual elas não tratam.

De qualquer forma, sem dúvida, do ponto de vista da prática investigativa, os modelos são instrumentos de pesquisa. Mas os diversos modelos à nossa disposição – como mostram, aliás, as

análises dos textos todos que compõem a coletânea organizada por Morgan e Morrison (1999) – constituem uma coleção bastante heterogênea, como sugere a imagem da *caixa de ferramentas* de Wittgenstein nas *Investigações*. Os modelos científicos são ferramentas ou instrumentos, sem dúvida, mas isso ainda não identifica suas utilidades específicas. Por exemplo, quando Cartwright distingue modelos representativos de modelos interpretativos, como vimos no capítulo anterior, ou quando distinguimos modelos-réplica de modelos-ponte (DUTRA, 2020, cap. 8; e adiante cap. 8 e 9), apontamos diferentes tipos de instrumentos de investigação. E mesmo que pensemos apenas nos modelos teóricos de maneira geral, como fazem Morgan e Morrison, vale o mesmo, pois sempre estamos diante de uma pluralidade de diferentes tipos de ferramentas.

(3) REPRESENTAÇÃO. Quando desejamos saber por que aprendemos com o uso de modelos, a resposta, dizem Morgan e Morrison, é que os modelos científicos, ao contrário de outros tipos de instrumentos, são ferramentas que contêm representações daquilo com que estão relacionados. Os modelos, dizem elas, são mais parecidos com instrumentos como o termômetro do que com instrumentos como o martelo. Um termômetro é um instrumento de investigação, enquanto o martelo não é. O termômetro, assim como o martelo, é independente das coisas com as quais faz a mediação (a noção de temperatura e o corpo cuja temperatura ele mede). Assim, os modelos não têm um uso meramente *instrumental*, argumentam Morrison e Morgan, mas também *representativo*.

Os modelos são, certamente, representações, como já mencionamos nos dois capítulos anteriores e como voltaremos a discutir no próximo capítulo. A questão é saber que tipo de representação eles são. A nosso ver, Morrison e Morgan apresentam uma boa explicação para esse ponto, mas não nos parece pertinente sua alegação de que não aprendemos muito no uso de um

martelo, enquanto aprendemos muito (mais) com o uso de um termômetro e com o uso de modelos científicos. De fato, a nosso ver, isso depende do tipo de modelo de que estamos tratando. Nem todos os modelos científicos são *representativos* na mesma medida. Além disso, em que sentido de “aprender” podemos dizer que não aprendemos *muito* com um martelo? No sentido de conhecimento como representação, aquilo que Ryle (2002) denominou *saber-que* (o conhecimento proposicional), certamente não aprendemos muito mesmo quando apenas usamos um martelo. Mas se pensamos no tipo de conhecimento que Ryle denominou *saber-como* (o conhecimento como habilidade), então podemos aprender muito mais com um martelo do que com um termômetro, embora isso vá depender de outros fatores, isto é, dos contextos nos quais utilizamos esses instrumentos. Ora, Ryle é outro filósofo não citado pelas autoras e, assim como no caso de Wittgenstein, de forma compreensível. Mas justamente de uma perspectiva filosófica e pragmática mais ampla, Ryle é outro autor que nos ajudaria a ter um melhor entendimento do tipo de representação que pode estar contida em um modelo científico. E, a nosso ver, quando Morgan e Morrison distinguem representação e *representante*, elas têm uma intuição compatível com uma perspectiva como aquela de Ryle.

(4) APRENDIZADO. Mesmo que aceitemos como fato que aprendemos com os modelos porque os utilizamos como instrumentos de investigação, dizem Morrison e Morgan, precisamos saber *como* propriamente isso ocorre. Segundo elas, parte da resposta vem do fato de que, obviamente, os modelos são utilizados em contextos científicos nos quais já estamos envolvidos com a atividade de *aprender algo* do mundo e, assim sendo, os modelos são representações de partes desse mundo. Mas, dizem elas, aprendemos muito mais *construindo e manipulando* os modelos do que *os examinando*.

Esses comentários que as autoras fazem a esse respeito são, de fato, curiosos se tivermos em mente o que dissemos sobre o ponto anterior. Pois aqui, claramente, eles dão expressão a uma intuição *ryliana*, digamos. Isto é, elas enfatizam o fato de que, no uso de modelos, não aprendemos apenas porque eles são representações de situações do mundo (ou do mundo segundo determinada teoria científica), mas também e principalmente porque construímos os modelos e lidamos com eles na prática científica. Aprendemos também a *habilidade* de construir modelos e, portanto, a *habilidade* de lidar com partes de nosso conhecimento do mundo. Isso parece sugerir justamente que, segundo elas, não haveria uma demarcação rígida entre o saber proposicional (veiculado pelos modelos como representações) e o saber prático ou habilidade (envolvido na construção e na manipulação dos próprios modelos). E, de fato, os comentários que Morrison e Morgan fazem a respeito de não haver um *algoritmo* para a elaboração de modelos (MORRISON; MORGAN, 1999b, p. 16 e 31) sugerem a mesma ideia. A atividade de construir modelos é encarada em geral mais como *arte* do que como ciência propriamente, dizem elas.

Fizemos acima apenas uma apresentação esquemática das quatro grandes questões que Morgan e Morrison pretendem enfrentar em suas reflexões sobre os modelos e adiantamos algumas críticas e sugestões, mas não vimos de maneira mais detalhada as respostas que elas mesmas procuram dar a algumas dessas questões, o que faremos nas próximas seções. No mencionado texto que as autoras elaboraram conjuntamente, elas analisam cada uma dessas quatro questões na ordem apresentada, mas vamos, em vez disso, discutir aqueles aspectos de suas reflexões que nos parecem mais salientes, seja porque são os mais inovadores na compreensão dos modelos científicos, seja porque poderiam ser alvo de comentários ou críticas mais elaborados.

6.2 Autonomia: usos e funções dos modelos

Para Morrison e Morgan, os modelos científicos são autônomos porque são construídos por nós a partir de elementos que não são dados exclusivamente quer pelas teorias, quer pelos dados empíricos. A nosso ver, contudo, como argumentaremos mais detalhadamente no capítulo 8, os modelos científicos são autônomos por outra razão, embora eles sejam construídos por nós, obviamente. Sua *construção* é um processo coletivo e de longo prazo, conferindo-lhes *objetividade*. E é disso que, a nosso ver, decorre sua autonomia. Mas por ora voltemos à própria análise das duas autoras.

A alegação geral delas é que os modelos científicos são autônomos porque nós os construímos utilizando elementos que não provêm nem das teorias, nem dos dados empíricos exclusivamente. A questão que naturalmente se coloca então é aquela sobre que elementos são esses. Ora, esses elementos *extrínsecos* (ao eixo teoria-mundo) podem ser identificados quando examinamos de que diversas formas os modelos são construídos e utilizados. Morgan e Morrison apontam seis aspectos desse processo ou, melhor dizendo, seis formas por meio das quais o processo se dá.

A primeira delas – um tanto óbvia –, enfatizam elas, é que os modelos auxiliam na própria elaboração de teorias (MORRISON; MORGAN, 1999b, p. 18). Embora um tanto óbvio do ponto de vista pragmático, de fato, esse aspecto não é evidente para aquelas abordagens ao tema que situam os modelos hierarquicamente *abaixo* das teorias, isto é, como estruturas que derivam das teorias ou que são construídas para, por assim dizer, *ilustrar* as teorias ou comunicá-las de uma forma mais intuitiva. Examinamos essa maneira de encarar os modelos no capítulo 2, quando discutimos a polêmica entre Pierre Duhem e os físicos britânicos. E mesmo para um autor mais recente, como van Fraassen, os modelos são estruturas basicamente dependentes das teorias. Eles são

sempre, por assim dizer, *modelos da teoria* (cf. também MORRISON, 1999, p. 43).

Entretanto, essa concepção não seria aquela que os cientistas em geral teriam, dizem Morgan e Morrison, quando, por exemplo, eles encaram um modelo como uma *versão mais rudimentar* da teoria (MORRISON; MORGAN, 1999b, p. 18, n. 3). Embora essa não seja a forma como as autoras queiram encarar os modelos científicos, ela trai a concepção mais geral de que os modelos podem contribuir para a construção das próprias teorias e, logo, que eles podem ser temporalmente anteriores à teoria, por um lado, e, portanto, que também podem ser conceitualmente independentes da teoria, por outro lado. Segundo as autoras (1999b, p. 19), essa forma de encarar os modelos (como auxiliares na elaboração das teorias) é aquela que encontramos justamente nos físicos britânicos criticados por Duhem, entre eles Maxwell.

Um segundo caso – que, por sua vez, nos parece também um tanto óbvio – é aquele em que os modelos são utilizados para explorar as implicações ou consequências das teorias em situações concretas (MORRISON; MORGAN, 1999b, p. 19s). Nesse caso, já temos uma teoria, mas, por outro lado, temos a dificuldade de relacionar essa teoria com situações concretas, que parecem muito distantes daquilo que a teoria retrata. Ora, os modelos podem então recorrer a outros elementos extrínsecos às teorias para fazer a ponte entre elas e as situações concretas.

Essa é também uma forma comum de encarar os modelos, forma que está presente nas elaborações e nos comentários tanto de cientistas quanto de filósofos. De fato, basicamente, era a esse tipo de função dos modelos que Nagel se referia ao apresentar os modelos como um terceiro componente daquela estrutura ampla que ele encarava como a própria teoria científica, como vimos no capítulo 3. A diferença básica, contudo, é que para Nagel os modelos são ainda *modelos da teoria*, digamos, enquanto que, justamente, para Morrison e Morgan, eles podem cumprir essa mesma função mediadora porque não pertencem à teoria propriamente.

É porque eles se valem de elementos externos à teoria que podem fazer a mediação entre a teoria e certas situações concretas.

Um terceiro caso mencionado por Morrison e Morgan – caso que, a rigor, não se distingue do anterior a não ser como uma versão extrema dele, digamos – é aquele em que os modelos permitem aplicar em determinados contextos específicos uma teoria que, sem tais modelos, não seria de forma alguma aplicável. Segundo as autoras (1999b, p. 20), esse é o tipo de caso também comentado por Cartwright em seu texto contido no volume editado por elas (CARTWRIGHT, 1999b). De fato, como vimos no capítulo anterior, esse é um aspecto enfatizado por essa autora e que está comentado também em seu livro *The Dappled World* (1999a).

Ora, assim como no caso anterior, esse uso dos modelos será possível apenas na medida em que eles recorrerem a elementos extrínsecos às teorias. Em ambos os casos, o que constatamos é que a teoria é incapaz de prover sua própria aplicação, o que significa que o modelo lhe confere recursos conceituais e cognitivos que ela própria não possui. Esse é um ponto a ser enfatizado se quisermos romper com a ideia tradicional de que os modelos são estruturas de categoria cognitiva ou conceitual inferior às teorias. De fato, eles não são inferiores, mas apenas estruturas nocionais *diferentes* das teorias e cuja relação possível com elas não é evidente nem imediata. Ou seja, é preciso haver um esforço construtivo para auxiliar a teoria na tentativa de fazer contato com situações específicas nas quais intuitivamente podemos presumir que ela poderia ser utilizada. Mas esse uso não é direto e possível a não ser por intermédio da estrutura providenciada pelo modelo.

Um quarto caso apontado por Morrison e Morgan é aquele em que o modelo é utilizado diretamente como meio de experimentação (1999b, p. 20s). Segundo elas, o modelo é um substituto para uma experiência que não é possível concretamente, tal como isso foi encarado por alguns dos já mencionados físicos britânicos, como Lord Kelvin, em relação ao éter. Nesse caso, dizem as autoras, o que se presume é que os resultados da manipulação

do modelo sejam equivalentes àqueles resultados que decorreriam do experimento concreto.

Ora, Morrison e Morgan utilizam a expressão “experimento imaginário” mais adiante em seu texto (1999b, p. 33). Nesse seu uso, os modelos são claramente meios para realizar tal tipo de experimento *virtual*, digamos. Elas analisam esse aspecto quando discutem a relação entre os modelos científicos e as simulações, justamente um tema que desenvolveremos no próximo capítulo. Como veremos, frequentemente na prática científica, os modelos estão relacionados com experimentos imaginários, ou de pensamento, ou virtuais. E o que se presume é que eles são capazes de *simular* a situação concreta que representam. Eles são, por assim dizer, e como veremos, *representantes* que podem atuar como se fossem a situação concreta. E por isso os resultados de um experimento imaginário seriam relevantes com respeito à situação concreta correspondente.

Morrison e Morgan (1999b, p. 21, n. 4) dizem não a respeito desse caso exatamente, mas do próximo, logo abaixo comentado, que elas não vão tratar do fato de tal procedimento envolver alguma simulação porque desejam reservar uma discussão sobre esse aspecto para quando tratarem dos modelos como representações. Assim, voltaremos depois a essa questão.

Um quinto caso citado pelas autoras – e que também, a nosso ver, não se distingue completamente do anterior – é o dos modelos sendo utilizados diretamente como instrumentos de medição (1999b, p. 21s). E é aqui, como dissemos logo acima, que elas dizem que os modelos podem também ser encarados como simulações. O que elas querem dizer é que os modelos não apenas podem estar relacionados com a forma de estruturar e realizar determinadas medições, o que pode ser frequentemente o caso se a teoria relacionada não é suficientemente detalhada, mas, além disso, que no próprio modelo pode se dar um procedimento de medição.

Ora, como dissemos antes, isso só é o caso se presumimos que o modelo é um representante adequado e confiável da situação específica a que ele diz respeito. Assim, de fato, como afirmam Morrison e Morgan, esse tema tem de ser tratado em relação à capacidade representativa dos modelos.

O sexto e último caso apontado por elas é aquele em que os modelos são utilizados como instrumentos de projeto e produção de tecnologias diversas (1999b, p. 23s). E aqui há dois aspectos principais a serem considerados, dizem as autoras. Primeiro, o modelo pode ser utilizado como um auxílio para intervir no mundo real ou concreto e construir aparatos diversos porque ele, o modelo, é uma *réplica* do objeto a ser construído. Segundo, e mais importante, isso acontece porque o modelo contém informação relevante sobre o mundo.

Esse é, de fato, também um ponto de grande importância para uma visão inovadora dos modelos científicos que possa romper com as pré-concepções já mencionadas. O modelo, nesse caso, contém *conhecimentos* que não estão nas teorias. Mais uma vez, trata-se de enfatizar o fato de que os modelos não são estruturas de menor importância conceitual ou cognitiva. E, em última instância, os modelos são cognitivamente pelo menos tão relevantes quanto as próprias teorias. Mais que isso, podemos dizer, como já enfatizamos anteriormente (DUTRA, 2020, cap. 4 e 8), os modelos estão presentes até mesmo onde as teorias não estão, como no caso de algumas áreas das ciências humanas.

De uma forma geral, esses seriam, segundo Morrison e Morgan, aqueles aspectos relacionados com a utilização dos modelos científicos que colocariam em evidência o fato de que eles são autônomos. A autonomia de que se trata aqui é aquela em relação às teorias científicas principalmente. Ou seja, o caso é aquele de não tomarmos os modelos simplesmente como estruturas subsidiárias das teorias, como faz, por exemplo, van Fraassen em sua versão da abordagem semântica, assim como outros defensores dessa abordagem (MORRISON, 1999, p. 41s).

Contudo, tal como vamos discutir no capítulo 8, os modelos científicos são estruturas autônomas em um sentido diferente e mais relevante. Eles são autônomos também em relação a seus próprios construtores. Em muitos casos, como enfatiza Max Black, cuja concepção de modelo teórico foi examinada no capítulo 2, ao lidar com modelos científicos, não estamos *construindo*, mas *descobrimo*. Ora, isso só é possível na medida em que os modelos são identificados também como estruturas abstratas, assim como as entidades matemáticas e linguísticas.

De todos os aspectos ligados à elaboração e ao uso dos modelos em que eles recorrem a elementos extrínsecos às teorias científicas, tais elementos são, como vimos, de caráter cognitivo, o que quer dizer que os modelos produzem e contêm conhecimento ou informação relevante e confiável sobre o mundo. Em última instância, sua autonomia decorre do fato de que eles são também formas de representação, embora diferentes daquela forma que podemos encontrar nas teorias científicas. Com que tipo de *representação* estamos então lidando ao nos ocupar dos modelos científicos? Essa é uma questão geral que se coloca naturalmente para a abordagem de Morrison e Morgan.

6.3 Formas de representação, simulação e aprendizagem

Os modelos científicos, como vimos, são representações não exatas de determinadas situações concretas. Eles são versões idealizadas ou mais abstratas dessas situações. Mas, se assim são, como podemos tomá-los como formas fiéis de representação daquelas situações das quais eles são modelos? Ou, dito de outro modo, já que os modelos sempre implicam determinadas *deformações*, digamos, das situações por eles modeladas, em que medida podemos confiar na informação por eles veiculada? Dos comentários acima reproduzidos de Morrison e Morgan, inferimos que para elas os modelos são instrumentos confiáveis de conhecimen-

to, informação e pesquisa. Mas elas estão cientes da dificuldade que acabamos de levantar.

Em seu texto *solo* incluído na coletânea organizada pelas duas autoras, Morrison (1999) levanta esse mesmo problema. Ela diz:

Não parece inteiramente correto dizer que os modelos descrevem de forma exata os sistemas físicos, uma vez que, em muitos casos, eles não apenas incorporam um elemento de idealização e abstração, mas, frequentemente, representam o mundo de maneiras que não guardam qualquer similaridade com objetos físicos imagináveis, como, por exemplo, o elétron como uma partícula-ponto. Assim, precisamos de uma reformulação da questão filosófica; mais especificamente, uma vez que os modelos muitas vezes são deliberadamente baseados numa caracterização que sabemos ser falsa, como eles podem nos oferecer informação sobre o mundo? (MORRISON, 1999, p. 38.)

Nessa passagem, como podemos ver, Morrison faz referência aos processos de idealização e abstração, dos quais já tratamos no capítulo anterior ao examinarmos as distinções oferecidas por Suppe e Cartwright. Morrison afirma que entende a distinção da mesma forma que Cartwright (1989). Embora não seja o caso de retomarmos aqui aquela discussão, esse esclarecimento de Morrison ilustra o tipo de distorção que ela acha que está envolvida na formulação de modelos. Ela diz:

Uma idealização é uma caracterização de um sistema ou entidade na qual suas propriedades são deliberadamente distorcidas de uma forma que as torna incapazes de descrever exatamente o mundo físico. Ao contrário, uma abstração é uma representação que não inclui todas as propriedades dos sistemas, deixando de lado aspectos que os sistemas possuem em sua forma concreta. Um exemplo do primeiro caso é o elétron como uma partícula-ponto e do segundo a omissão das forças intermoleculares na lei dos gases ideais (MORRISON, 1999, p. 38, n. 1).

Segundo Morrison, é preciso que sejam dadas respostas convincentes a tais questões para que possamos encarar os modelos científicos não apenas como instrumentos bem-sucedidos de predição, mas também como veículos confiáveis de informação sobre o mundo (1999, p. 38). Assim, embora os modelos sejam ou idealizações, ou abstrações, nesses sentidos acima apontados, sendo, portanto, versões sempre de algum modo ou simplificadas, ou distorcidas dos sistemas concretos, mesmo assim eles são representações confiáveis. Depois de analisar alguns exemplos de usos de modelos por parte de cientistas conhecidos e suas próprias reflexões sobre os modelos científicos, entre eles, por exemplo, Hertz e Dirac, Morrison dá uma resposta direta à questão acima levantada. Ela diz:

A razão pela qual os modelos são explicativos em representar esses sistemas [concretos] é que eles mostram certos tipos de dependência estrutural. O modelo nos mostra como determinados pedaços do sistema estão integrados e se ajustam mutuamente de tal forma que o comportamento do sistema possa ser explicado (MORRISON, 1999, p. 63).

Embora no texto conjunto das duas autoras (MORRISON; MORGAN, 1999b) um comentário como esse não se encontre, enquanto que, como veremos a seguir, elas analisam diversos aspectos ligados ao poder representativo dos modelos, essa passagem resume bem, em última instância, de que modo uma versão simplificada ou distorcida de um sistema concreto pode ser uma fonte confiável de informação sobre ele. Ora, o modelo é confiável porque, afinal, o que ele é capaz de representar fielmente é a estrutura do sistema concreto ou, melhor dizendo, certos aspectos estruturais do sistema modelado. Ora, essa é uma ideia que já analisamos nos capítulos anteriores, como quando discutimos no capítulo 4 as noções de homomorfismo e isomorfismo.

A noção de abstração acima mencionada também é evocada no texto conjunto de Morrison e Morgan (1999b) para expli-

car no que consiste a capacidade representativa dos modelos científicos e, assim, tornar aceitável a ideia de que eles são formas confiáveis de representação de partes do mundo. A noção de representação a que elas se referem não é aquela noção tradicional de representação como espelhamento, mas, em vez disso, a noção de *versão*, *tradução* ou *interpretação* (*rendering* é o termo em inglês que elas empregam).³ Elas dizem:

[...] a ideia de representação utilizada aqui não é aquela tradicional e comum na filosofia da ciência; em outras palavras, não utilizamos a noção de “representar” para ser aplicada apenas aos casos nos quais existe um tipo de espelhamento de um fenômeno, sistema ou teoria por parte de um modelo. Ao contrário, uma representação é tomada como um tipo de versão – uma representação parcial que ou abstrai a partir da natureza real de um sistema ou teoria, ou a traduz em outra forma, que seja capaz de incorporar apenas uma parte do sistema (MORRISON; MORGAN, 1999b, p. 27).

Assim, o que os modelos científicos não dão são versões abstratas ou representações parciais no sentido acima explicado. E por isso mesmo é que eles são capazes também de providenciar simulações dos sistemas concretos. E, de fato, a noção de simulação vem bem ao encontro da noção de representação que Morrison e Morgan defendem. À primeira vista, dizem elas, percebemos que modelos e simulações são coisas que têm a ver uma com a outra, mas o que é preciso mostrar é de que forma os modelos *representam por meio de simulações* (MORRISON; MORGAN, 1999b, p. 29).

Embora elas não deem uma explicação direta do que entendem por simulação, está implícito em seu texto que a simula-

³ Os termos em inglês *rendering* (substantivo) e *to render* (verbo) são de difícil tradução para o português, mas dizem respeito à ideia de uma tradução ou versão não literal de um texto, por exemplo, e, logo, isso sendo também uma interpretação nesse sentido.

ção possui as mesmas características abstratas ou idealizadas dos modelos. Ora, a noção comum de simulação que, aparentemente, elas pressupõem é aquela de uma maneira de tentar reproduzir aproximadamente as condições nas quais ou uma teoria, ou uma lei, ou um modelo se aplicaria. Ou seja, a simulação tenta recriar ou criar antecipadamente determinado sistema. Como veremos no próximo capítulo, seja com objetos materiais ou concretos (como num túnel de vento e outras condições de laboratório), seja com objetos digitais (como numa simulação por computador), as simulações idealizam as condições de aplicação de um modelo (ou lei, ou teoria). As simulações são formas de providenciar *pontes* entre instâncias diferentes.⁴

E por isso, de fato, do ponto de vista das autoras, as noções de modelo e de simulação estão relacionadas. Dizem Morrison e Morgan a esse respeito:

Consequentemente, podemos dizer que as simulações nos permitem mapear as predições do modelo nos fatos de nível empírico de uma maneira direta. Não apenas as simulações são uma forma de aplicar os modelos, mas elas funcionam como um tipo de princípio-ponte entre um modelo abstrato, com fatos estilizados, e um contexto tecnológico, com fatos concretos. Nesse sentido, podemos ver como os modelos são capazes de representar sistemas físicos ou econômicos em dois níveis distintos, um que inclui a estrutura de nível mais alto que o próprio modelo incorpora de uma forma abstrata e idealizada e o outro sendo o nível do detalhe concreto, através dos tipos de simulações que os modelos são capazes de produzir. Logo, em vez de estarem em desacordo uma com a outra, as funções instrumental e representativa, de fato, são complementares. O modelo representa sistemas por meio de simulações, estas sendo possíveis por causa das habilidades dos modelos para funcionar como

⁴ Mas as simulações são diferentes de experimentos, como enfatizam alguns autores, como, por exemplo, Francesco Guala (2005, cap. 10), cujas ideias comentaremos abaixo neste capítulo, assim como no próximo.

o instrumento inicial de sua produção (MORRISON; MORGAN, 1999b, p. 30).

A nosso ver, as autoras estão inteiramente certas ao fazer essa associação entre as noções de modelo e simulação. Como discutiremos no próximo capítulo, os modelos podem ser encarados como projetos de simulações. Em última instância, as simulações são um tipo de máquina nomológica e os modelos podem ser então para elas, assim como para outros sistemas, projetos ou antecipações. Mas, como também veremos, na medida em que a própria simulação (concreta ou digital) também é um *modelo* de outro sistema (um modelo icônico exatamente), temos aqui uma relação entre três sistemas, a saber: (1) o modelo abstrato, (2) a simulação (enquanto sistema ou concreto, ou digital) e (3) o sistema concreto com o qual tanto a simulação como o modelo abstrato estão ligados.

E é por essas mesmas razões, portanto, que, do ponto de vista adotado por Morrison e Morgan, os modelos também são descrições de experimentos imaginários (*thought experiments*: MORRISON; MORGAN, 1999b, p. 33). Ora, de fato, as três noções convergem, a de modelo, a de simulação e a de experimento imaginário. Nos três casos temos formas ou de antecipação, ou de reprodução idealizada de circunstâncias concretas, como discutiremos mais detalhadamente no próximo capítulo.

Além disso, segundo as autoras, é pelas mesmas razões que aprendemos dos modelos não apenas do ponto de vista prático, quando os construímos e os utilizamos em diversas situações da pesquisa, mas também porque eles veiculam informação. Eles nos dão uma versão abstrata ou idealizada dos sistemas concretos, versão que é não apenas instrumental, mas também cognitivamente confiável sobre determinados aspectos do mundo, isto é, aqueles aspectos que estão relacionados com a estrutura dos sistemas concretos que estudamos e queremos conhecer. E, em certa medida, os conhecemos por meio do estudo dos modelos científ-

cos. Esse é outro aspecto ligado à natureza dos modelos científicos e ao seu papel na atividade científica que vamos comentar nos próximos capítulos. De fato, a nosso ver, a maior parte do trabalho nas ciências está relacionada com o estudo de modelos, seja em contextos mais experimentais ou de observação, seja em contextos mais especulativos ou teóricos. Daí decorre, a nosso ver, a centralidade dos modelos na pragmática da investigação científica.

Um último aspecto da concepção de Morrison e Morgan dos modelos enquanto formas de representação que nos parece merecer destaque é o fato de elas tomarem os modelos não como *representações* no sentido tradicional (e pictórico), mas, diferentemente, como *representantes*. Elas dizem:

O modelo funciona como uma fonte epistêmica; devemos primeiro entender o que podemos demonstrar no modelo antes de podermos levantar questões sobre os sistemas reais. Um processo físico fornece a dinâmica do modelo, uma dinâmica que pode ser utilizada para tirar conclusões sobre o comportamento do modelo. O modelo funciona como um “representante”, em vez de uma “representação” de um sistema físico. Consequentemente, aprender a partir e sobre a própria estrutura interna do modelo nos dá o ponto de partida para entendermos mundos reais e possíveis e mundos fisicamente impossíveis (MORRISON; MORGAN, 1999b, p. 33).

Ora, a ideia de representante é claramente pragmática e evita a concepção pictórica ingênua ou especular dos modelos (ou quaisquer outras coisas, como teorias e leis) como cópias de sistemas reais. Quando dizemos, juntamente com outros autores, que um modelo científico é uma *réplica abstrata*, não estamos nos referindo a essa noção ingênua de cópia, mas ao fato de que, numa forma idealizada ou abstrata, o modelo pode representar outro sistema (um sistema concreto, por exemplo) porque é uma espécie de *substituto* do sistema concreto, isto é, justamente um *representante*.

A noção de representação, nesse caso, que é a noção, digamos, *política* (ou *social*) de representação, toma o representante como um substituto à altura do representado. Ora, o representante, nesse sentido, deve poder realizar alguma atividade *no lugar do* representado. E para isso ele deve ter, em algum sentido razoável, alguma *similaridade*, ou *familiaridade*, ou *parentesco* com o representado. Mas nada disso precisa ser tomado em um sentido pictórico. E nem, a rigor, também precisa ser tomado como uma similaridade de comportamento entre o representante e o representado. O que tem de haver necessariamente é apenas o fato de que o representante atinja o mesmo objetivo que o representado deveria alcançar. Se, por meio de uma procuração, por exemplo, uma pessoa nomeia outra sua representante para assinar um contrato, digamos, o que essa última pessoa tem de fazer é apenas assinar o contrato. Quando utilizamos um modelo ou o estudamos – porque manipular o sistema concreto ou estudá-lo diretamente não é possível –, o que fazemos é tomar o modelo como um representante do sistema concreto. E, nesse caso, o que esperamos é apenas que o modelo nos permita alcançar, *aproximadamente*, o mesmo conhecimento que alcançaríamos caso lidássemos com o sistema concreto ou o estudássemos diretamente. Mas aqui temos de reconhecer ainda que, como a finalidade não é apenas prática, mas também cognitiva, por meio de modelos, apenas *aproximadamente* – e não *exatamente* – alcançamos o mesmo objetivo.

6.4 Mediando os mediadores

A noção de modelo científico como mediador entre teoria e mundo – sendo o modelo uma estrutura que é autônoma em relação a essas duas instâncias porque incorpora informação que não provém necessária e diretamente de nenhuma delas – é uma noção rica em aspectos pragmáticos, que são analisados por Morrison e Morgan e que comentamos nas seções anteriores deste capítulo. Mas, apesar de as autoras oferecerem um relato suficien-

temente detalhado e convincente do uso de modelos e das funções cognitivas que eles podem desempenhar, permanece a pergunta sobre a maneira exata pela qual os modelos podem fazer a mediação que se supõe – a nosso ver, corretamente – que eles fazem entre teoria e mundo.

Francesco Guala (2005, cap. 10) – que também concorda com Morrison e Morgan a respeito do caráter mediador dos modelos científicos –, em analogia com a abordagem que elas adotam em relação aos modelos, argumenta que os experimentos também são mediadores e aponta algumas dificuldades com a noção de *mediador*, dificuldades que se aplicam à forma como Morrison e Morgan descrevem os modelos científicos.

Guala está preocupado em fundamentar o que ele e outros autores denominam *economia experimental*. Para essa finalidade, ele precisa defender uma concepção inovadora do experimento científico, uma vez que, tradicionalmente, a economia e outras ciências sociais são encaradas como domínios de pesquisa em que cabe fazer observações, mas não experimentos. Em seu livro, Guala procura aproximar e comparar as noções de modelo, experimento e simulação. E, de fato, ele defende uma concepção da simulação e de sua relação com os modelos científicos que merece discussão e que também captura aspectos importantes de ambas as coisas.

Esse ponto das discussões de Guala está reservado para o próximo capítulo, quando examinaremos também outras concepções do que seria uma simulação científica e a relação que os modelos e os experimentos imaginários podem ter com ela. Vejamos então os comentários de Guala sobre a noção de modelo científico como mediador. Ele diz:

A concepção dos mediadores possui algumas implicações não triviais. Uma delas diz respeito à maneira pela qual o teste da teoria pode ser concebido. Outra diz respeito ao tipo de trabalho que tem de ser feito para tornar os resultados experimentais aplicáveis a problemas do mundo real (GUALA, 2005, p. 217).

Esse autor se refere a dois dos modos usuais pelos quais um experimento como mediador – e também um modelo como mediador – podem fazer a mediação entre a teoria e o mundo. Como sabemos, uma das formas pelas quais um modelo pode fazer a mediação entre uma teoria científica e o mundo é aquela em que o modelo funciona como uma espécie de antecipação dos experimentos que poderão testar a teoria. Outra é aquela por meio da qual algo já sabido (e testado ou confirmado) sobre a teoria pode ser aplicado a um novo contexto ou a uma situação nova, com relação à qual as noções da teoria ainda não foram utilizadas para descrever e explicar o que ocorre. Por exemplo, no primeiro caso, podemos apontar exemplos tradicionais, como o plano inclinado em relação à mecânica newtoniana; no segundo, o pêndulo. Suponhamos que, em primeiro lugar, utilizemos a situação do pêndulo para testar a teoria e, por meio desse modelo (seja o sistema abstrato e, com ele, a realização de um experimento imaginário, seja um sistema concreto, construído de acordo com o projeto fornecido pelo sistema abstrato), possamos mostrar que o comportamento do sistema pode ser descrito pelas leis da teoria. Em segundo lugar, podemos tomar um pêndulo como uma situação física à qual a teoria ainda não foi aplicada e tentar interpretá-la com base tanto nas noções da própria teoria quanto naquelas contidas no modelo (nesse caso, o plano inclinado ideal). Com isso, construímos um novo modelo da teoria, mas porque fomos capazes de aplicar a mesma teoria a uma situação nova, o que pode envolver também os possíveis resultados experimentais do primeiro modelo (o plano inclinado).

Essas não são as únicas duas maneiras pelas quais os modelos podem ser mediadores entre as noções mais abstratas da teoria e as situações concretas daquela parte do mundo a que a teoria se refere, mas são duas formas costumeiras em que isso ocorre. E Guala tem razão em tomar as duas questões como pertinentes em relação aos experimentos – e também aos modelos científicos, podemos dizer. Em ambos os casos, o que permite

com que uma coisa ou outra (modelo ou experimento) faça a mediação não depende nem da teoria, nem das situações concretas às quais desejamos aplicá-la, nem, por fim, dos próprios modelos e experimentos. Esse é um ponto enfatizado por Guala.

A ideia que ele desenvolve é que os modelos, assim como as próprias teorias, são estruturas prontas e à nossa disposição, mesmo que nós é que os elaboremos, obviamente. Mas, mesmo os modelos sendo construídos por nós próprios e mesmo que eles contenham informação relevante sobre o mundo (apesar de, a rigor, os enunciados que os descrevem serem falsos), como dizem Morrison e Morgan, a forma de sua aplicação não é óbvia, nem evidente. Assim como com uma ferramenta qualquer (um martelo, o exemplo daquelas autoras), é preciso que aprendamos também a usar os modelos. Ora, parte desse uso, como já comentamos, consiste exatamente em procurar aquelas situações concretas que se assemelham aos modelos; e isso sugere que os próprios modelos estariam também em vias de ser *testados*, digamos, assim como as próprias teorias. Eles seriam *testados*, nesse caso, em relação à sua maior ou menor fidelidade em representar os aspectos estruturais de determinado sistema, que é aquilo a que o modelo se referiria.

Ora, assim como não há um algoritmo para a construção de modelos, como enfatizam Morrison e Morgan, como vimos, também não há, por assim dizer, um manual, um *modo-de-usar* embutido nos modelos científicos, o que nos permitiria utilizá-los e, assim, conseqüentemente, *testá-los*. Guala é bastante feliz quando comenta a esse respeito que não podemos testar um modelo científico pelas mesmas razões que não podemos testar o livro *Alice no País das Maravilhas* (2005, p. 219s). Ou seja, assim como as obras de ficção, os modelos são construtos abstratos, digamos, que não permitem esse tipo de comparação com a realidade. O que podemos fazer no caso dos modelos, diz Guala, é testar *alguma* aplicação deles. E a razão é que um modelo é mais ou menos útil em comparação com determinada situação e com outros modelos que

podem com ele competir como modelos daquela situação. Assim, conclui Guala:

Um modelo é uma entidade feita de muitos componentes, cada um dos quais pode ou não ser um bom correlato do que acontece em uma situação real. Além disso, outras pressuposições extra-teóricas devem ser feitas em cada caso para tornar o modelo aplicável a um sistema específico do mundo real. O que se testa, então, é uma aplicação específica de um modelo em uma situação específica ou classe de situações (GUALA, 2005, p. 221-222).

Esse comentário – esclarecedor e correto, a nosso ver – não deve, contudo, ser tomado como uma crítica direta à concepção defendida por Morrison e Morgan, pois elas não afirmam que os modelos podem ser testados. Mas o comentário nos ajuda a ver que o relato que as duas autoras fazem do uso de modelos (e da informação contida neles, do que podemos deles aprender etc.) não é suficientemente esclarecedor a respeito de seu caráter mediador. Pois, para utilizarmos um modelo científico como mediador entre teoria e mundo, de um lado, é preciso fazer um tipo de pesquisa tanto sobre o que há no modelo quanto sobre o que há em determinadas situações do mundo, e, de outro, com base em informação que também pode provir tanto da teoria, quanto das situações empíricas, fazer as aproximações que permitem a aplicação do modelo. É isso o que queremos dizer quando afirmamos que o *modo de utilização* de um modelo não vem embutido ou descrito nele. Sua utilização depende, portanto, de engenhosidade científica tanto quanto a elaboração do próprio modelo e da própria teoria.

Mais importante que isso, a *mediação* que o mediador (o modelo) precisa receber para poder fazer seu trabalho pode provir da própria teoria que se supõe que ele vá mediar em relação ao mundo. De fato, se a aplicação de um modelo é uma questão de engenhosidade, como sugere Guala, que é também aquilo que se requer da própria atividade experimental em geral, então a infor-

mação que pode ajudar pode provir de qualquer parte, inclusive da teoria, obviamente.

A conclusão a que esses comentários devem conduzir não é, nem de longe, que a abordagem de Morrison e Morgan seja equivocada. Ao contrário, a nosso ver, elas dão uma inestimável contribuição para uma análise dos modelos científicos em termos pragmáticos. Mas, ao mesmo tempo, de nosso ponto de vista, essa é uma análise incompleta. Ela é incompleta não porque estejamos de nossa parte à espera ou em busca de algum tipo de *algoritmo* (ou *receita*, ou *modo de utilização* dado previamente) para o emprego dos modelos científicos. Concordamos tanto com Morrison e Morgan, quanto com Guala, que isso não é possível. Mas, por outro lado, também concordamos com Guala que uma análise mais detalhada e esclarecedora do uso dos modelos científicos deve nos esclarecer também sobre o tipo de coisa de que o uso de um modelo depende. Em parte, isso pode ser feito quando comparamos os modelos com experimentos (concretos ou imaginários) e com simulações, como faremos no próximo capítulo.

Além disso, vale comentarmos (retomando o que fizemos em outro texto: DUTRA, 2020, cap. 4), que as noções de modelo e teoria científica podem e devem ser correlacionadas, mas não de uma forma que coloque uma dessas coisas como mais preeminente que a outra, ou cognitivamente mais importante que a outra, a algum respeito. Se a concepção tradicional, em viés mais intelectualista ou cognitivo, coloca as teorias no alto e os modelos como estruturas delas dependentes e, portanto, cognitivamente subalternas, por sua vez a concepção dos modelos como mediadores de Morgan e Morrison, adotando a perspectiva pragmática que elas adotam, e que também consideramos adequada, corre o risco de supervalorizar os modelos em detrimento das teorias.

Em parte, a nosso ver, esse risco que as autoras correm decorre de sua filiação às ideias de Cartwright, uma vez que, segundo essa autora (2003), rompendo com a concepção tradicional de teoria, o mundo científico dos modelos é um *mundo fragmentado*

(ou que mais se assemelha a um *patchwork* – um “*dappled world*”). Mas mesmo num mundo fragmentado as teorias ainda têm lugar, desde que não sejam sempre encaradas como estruturas que se candidatem a ser *teorias de (grande) unificação*. De fato, lidar com modelos está mais ao sabor da visão do mundo científico como um mundo fragmentado. Mas isso não significa que os modelos não tenham nenhuma necessidade das teorias, ou que eles sejam cognitivamente mais importantes que elas, ou qualquer coisa que, seja em viés cognitivo, seja em viés pragmático, coloque qualquer hierarquia entre modelos e teorias científicas.

Simulações

Neste capítulo vamos discutir a relação entre os modelos científicos e dois tipos especiais de *recursos experimentais*: as simulações e os experimentos imaginários. Esses são recursos experimentais de um tipo especial, diriam alguns, uma vez que não poderiam possuir as mesmas virtudes dos experimentos concretos que, por sua vez, são os que deveriam ter importância privilegiada para a ciência. Contudo, embora sejam tipos *desviantes* (digamos assim) de experimentação, as simulações e os experimentos imaginários não deixam de ter relevância e amplo uso nas ciências.

As simulações são talvez menos frequentes nas ciências, enquanto que parecem ser muito comuns no mundo da tecnologia. Por sua vez, os experimentos imaginários têm um largo e importante uso nas ciências, inclusive por parte de eminentes cientistas, sendo alguns dos principais exemplos Galileu, Newton, Einstein e, para nos restringirmos apenas à física, aquele que talvez tenha sido seu maior defensor, Ernst Mach.

Os modelos como projetos de máquinas nomológicas estão diretamente ligados a ambas as coisas, experimentos imaginários e simulações. Neste capítulo vamos procurar elucidar as noções de simulação e de experimento imaginário, noções que talvez estejam hoje em um estado de confusão maior do que a noção de modelo. Vamos procurar correlacionar essas duas noções com a de modelo científico, como, de fato, outros autores têm feito, entre eles Margaret Morrison e Mary Morgan, cuja posição discutimos no capítulo anterior, assim como Francesco Guala. A nosso ver, resumidamente, a simulação é um tipo de experimento e o experimento imaginário é um tipo de simulação.

As simulações e os experimentos imaginários são importantes na medida em que possam ser fontes de conhecimento

novo, que é o foco de nossa atenção com relação a esse tema aqui. Desse modo, é importante discutirmos a relação entre simulações e experimentos imaginários, de um lado, e com experimentos concretos, de outro, sendo esses, normalmente, a principal fonte de produção de conhecimento novo nas ciências. Nesse sentido, devemos tomar em consideração também a possibilidade de realizar simulações por computador e elaborar *modelos digitais*, como tem sido usual hoje em muitos domínios científicos, um assunto do qual vamos nos ocupar na última seção deste capítulo, juntamente com o dos *modelos vivos* (organismos experimentais), que têm sido utilizados nas ciências da vida e nas ciências médicas especificamente em maior medida e há mais tempo do que imaginamos. Em ambos os casos – dos modelos vivos e dos modelos digitais – temos formas sofisticadas da simulação. No caso dos modelos vivos, a economia interna de determinados organismos (considerados biologicamente) mais simples permitiria inferir, por analogia, fatos da economia de organismos mais complexos. No caso dos modelos digitais, amplia-se enormemente nossa capacidade de manipular informação relevante para estudarmos determinados fenômenos.

7.1 A simulação como fonte de conhecimento novo

No mundo da moda, o termo “modelo” tem sido utilizado com referência a um manequim vivo, isto é, uma pessoa cujas medidas estão de acordo com determinado padrão. O *modelo* que desfila nas passarelas é uma pessoa concreta que se aproxima do modelo idealizado de ser humano (homem, mulher ou criança) que o estilista tem em conta ao criar suas roupas. Do mesmo modo, no ateliê do costureiro há manequins feitos de madeira, plástico, fibra de vidro ou de outros materiais, modelos concretos que também se aproximam do modelo idealizado de ser humano. O modelo de passarela e o manequim de ateliê são ambos *modelos icônicos*, isto é, representantes visualizáveis e tangíveis do modelo idea-

lizado de ser humano, aquele que possui as medidas e proporções consideradas ótimas para homens, mulheres ou crianças, conforme a idade.

Assim como outros tipos de modelos icônicos, como miniaturas de carros, aviões, navios etc., que se prestam mais a um uso lúdico ou meramente ilustrativo, esses modelos ligados ao mundo da moda, à primeira vista, nos pareceriam completamente diferentes dos modelos científicos em seus usos e propósitos.¹ O termo “modelo”, evidentemente, não é de uso exclusivo dos cientistas. Mas quando examinamos a relação entre os modelos científicos e determinados experimentos, em especial aqueles nos quais são realizadas simulações, percebemos o parentesco entre os modelos científicos e esses outros tipos de modelos, em seus respectivos contextos.

Em virtude de suas medidas ou proporções físicas, como sabemos, os modelos de passarela estão associados a um ideal de beleza (e saúde) humana. Os modelos de passarela e os manequins de ateliê não desempenham apenas esse papel cognitivo de fazer que cada um de nós perceba o quanto está longe (ou, quem sabe, com sorte ou disciplina, perto) daquele ideal de proporção física e beleza – e também, com certeza, de despertar a fantasia de homens e mulheres, como costumam fazer os *top models* (masculinos e femininos).

Para o estilista e seu pessoal de ateliê, os manequins (vivos ou não) cumprem também uma função cognitiva fundamental: eles são os elementos centrais em um contexto de simulação. As roupas desenhadas e costuradas devem primeiramente passar pelo teste dos manequins, para todos os ajustes necessários, a fim de produzir os efeitos pretendidos, entre os quais está, obviamente, o de cobrir o corpo do usuário. Mas como esse último está muitas

¹ Entretanto, cf. o volume CHADAREVIAN; HOPWOOD, 2004, que contém diversos textos que tratam da importância também desse tipo de modelo nas ciências.

vezes longe do modelo ideal e dos manequins, via de regra, aquelas belas (e caras) roupas não lhe cairão bem.

Nesse caso, estamos obviamente pensando no mundo da alta costura, que não tem exatamente o objetivo de *vestir* a pessoa comum. A indústria do vestuário, contudo, também trabalha com manequins e esses são mais *realistas*, digamos. Esse tipo de manequim resulta muitas vezes de generalizações empíricas sobre as medidas reais de um segmento qualquer da população e, assim como varia de idade para idade, pode variar de região para região, de país para país e assim por diante. Mas aqui, como no caso anterior, também temos modelos que são representantes de um *tipo médio* ou *comum* de homem, mulher ou criança. O sucesso de vendas de determinada marca de roupas depende de alcançar ela uma boa realização para aquele segmento do mercado que escolheu. E a prova dos manequins é então, mais ainda que no primeiro caso, crucial. Ela deve permitir uma simulação confiável para os objetivos pretendidos.

Com essas considerações, começamos a ver a relação entre as concepções de modelos científicos e de simulações, ou seja, temos os modelos como meios para experimentos ou imaginários, ou concretos. O exemplo acima, do mundo da costura, ilustra como certo tipo de modelo icônico é uma *peça de laboratório*, digamos, permitindo simulações confiáveis para determinado propósito. Aqueles modelos (ou manequins) se prestam a tal finalidade, como dissemos, porque são representantes dos modelos ideais (de homem, mulher e criança). Nas diversas ciências experimentais e nas ciências aplicadas, encontramos diversos tipos de modelos que cumprem essa mesma função de serem mediadores ou instrumentos de simulações. Os modelos, nesses casos, podem ainda ser também do tipo icônico, mas frequentemente não são. E em todos os casos em que utilizamos modelos tangíveis ou concretos, como os modelos icônicos e, num certo sentido, embora um tanto impróprio, modelos digitais (nas simulações por computador), há um modelo abstrato que é o ponto de referência, isto é, aquele

modelo idealizado a partir do qual os modelos tangíveis ou manipuláveis concretamente (ou por computação) são construídos e utilizados nos laboratórios ou ateliês, quer científicos, quer industriais.

O modelo científico abstrato – a réplica abstrata ou modelo-réplica – é que deve então, em todos os casos, ser o foco de nossa atenção e nossa análise. Pois ele é o *projeto* da máquina nomológica que vai permitir a simulação ou, de uma forma mais genérica, ele é o projeto daquela situação concreta que instancia o que é descrito no modelo abstrato, isto é, o modelo tangível. Ele pode ainda conduzir a um experimento imaginário (ou de pensamento), na impossibilidade de realizarmos experimentos para determinados assuntos. Em ambos os casos, temos uma relação íntima entre o modelo científico abstrato e o experimento (concreto ou imaginário) que permite a simulação pretendida. Embora nem todos os experimentos nas ciências puras e aplicadas sejam destinados a produzir simulações, muitos deles são. E nesses os modelos abstratos e seus representantes concretos são sempre os elementos centrais do contexto de investigação.

Embora mais recentemente Nancy Cartwright (1999a) tenha enfatizado mais o fato de que os modelos científicos são projetos de máquinas nomológicas, vimos também no capítulo 5 que ela começou por defender uma concepção dos modelos como *simulacros* (CARTWRIGHT, 1983); com isso colocou em evidência o fato de que os modelos científicos podem se prestar a esse tipo de uso, que ela, contudo, não comenta. Mas a relação entre modelo científico e simulação (e experimento) é explorada por Francesco Guala (2005), cujas ideias sobre mediação já comentamos no capítulo anterior. Ora, Guala está preocupado com as simulações possíveis e necessárias na economia experimental e discute esse ponto extensamente em seu livro. Vamos comentar na próxima seção deste capítulo sua posição que, a nosso ver, põe em evidência corretamente a relação entre modelo e experimento.

A noção de simulação associada ao uso de modelos científicos – noção que deriva daquela de simulacro – aproxima-se também de outra que aparece por vezes na literatura, a noção de *piloto*. Para que a simulação possa ser bem-sucedida, diversas variáveis precisam ser adequadamente controladas de forma a, por um lado, aproximar suficientemente o contexto de experimentação dos contextos ordinários (do mundo fora do laboratório) no qual aquilo que é afirmado (por uma teoria ou por meio de um modelo) deve ser o caso, e, por outro lado, de forma também a eliminar do contexto experimental as variáveis não relevantes que possivelmente existem nos contextos ordinários, mas que apenas introduziriam interferências perturbadoras no contexto experimental. O equilíbrio entre uma coisa e outra nem sempre é fácil de alcançar e depende não apenas da engenhosidade do experimentador, mas também da capacidade representativa do modelo abstrato do qual ele partiu (e também da teoria ligada ao modelo, obviamente, quando ela existe).

Ora, o experimento-piloto é a situação ideal nas diversas possibilidades de simulação. Mas, por sua vez, o termo “piloto” também é empregado com referência ao modelo icônico testado no laboratório, como, por exemplo, as cópias concretas utilizadas em túneis de vento e outros laboratórios para propósitos semelhantes. O que se supõe é que, a determinado respeito (isto é, sobre certo sistema ou máquina), alcançamos um grau de conhecimento suficiente para realizarmos o piloto, isto é, a simulação que mais pode se aproximar das situações concretas nas quais aquela máquina, por exemplo, deverá ser utilizada.

A noção de *máquina*, da qual já tratamos no capítulo 5, quando defendemos a ideia de que um modelo científico é uma máquina nomológica abstrata, de fato, como vimos, é correlata à noção de sistema (abstrato), isto é, determinada configuração de objetos cujo funcionamento exhibe leis. Vale lembrarmos a definição apresentada por Nancy Cartwright, da qual partimos, segundo a qual as máquinas são “configurações estáveis de componentes

com determinadas capacidades apropriadamente protegidas e postas em funcionamento continuamente” (CARTWRIGHT, 1999a, p. 151; cf. também cap. 5, seção 5.2, acima). Essa mesma noção será neste capítulo estendida, em particular, para recobrir também os casos dos contextos de que tratam as ciências humanas. Embora a formulação que vamos apresentar abaixo seja um pouco diferente, trata-se fundamentalmente da mesma concepção.

Contudo, enquanto réplicas abstratas, os modelos científicos são projetos de experimentos imaginários ou, dizendo de outra forma, de *experimentos-piloto ceteris paribus* (ou *contrafactuais*). Um modelo-réplica (ou modelo científico enquanto réplica abstrata) mostra aquilo que aconteceria em circunstâncias idealizadas, isto é, naquelas circunstâncias em que determinadas variáveis estejam eliminadas ou em que determinadas interferências sejam neutralizadas. No próximo capítulo, vamos discutir mais detalhadamente a natureza abstrata desse tipo de sistema. Em especial, os sistemas ou situações descritos pelas ciências humanas – sistemas e situações que envolvem sempre instituições – podem ter muito mais apelo a nosso senso de realidade do que aqueles sistemas dos quais tratamos nas ciências naturais.

Esse *senso de realidade* com o qual sempre devemos comparar as simulações que fazemos com a mediação dos modelos são aqueles conhecimentos que já temos de situações ordinárias, conhecimentos que são empíricos e também mediados por teorias. E com isso queremos dizer que, embora um experimento-piloto contrafactual, como aquele sugerido pelo modelo do plano inclinado ideal, por exemplo, possa parecer estar longe da realidade concreta do mundo físico, nas simulações feitas no domínio de algumas ciências humanas (por exemplo, na economia e na psicologia), temos a impressão muitas vezes de estar lidando com uma situação concreta ou muito próxima de uma situação ordinária.

Contudo, isso não é o caso, pois o experimento nessas ciências também depende do controle possível de algumas variá-

veis e deriva de um modelo abstrato tanto quanto no caso das ciências naturais, como a física. De fato, o modelo abstrato é que indica basicamente as variáveis que devem ser manipuladas para termos o controle do comportamento de determinado sistema. E o experimento consiste na construção do sistema e em colocá-lo para funcionar. Na medida então em que é possível introduzir mais variáveis e controlá-las, tendemos para aquela situação que denominamos *piloto*. Mas aqui, ainda, o que temos é uma abstração e é preciso encontrar formas de correlacionar a simulação com situações concretas ou ordinárias.

Quando falamos de modelos-réplica como sistemas abstratos, estamos falando de situações que podem ser correlacionadas com situações menos abstratas, seja aquelas de laboratório, as simulações, seja aquelas dos contextos ordinários, fora do laboratório. Os modelos-réplica podem ser objeto de um estudo direto na atividade científica, como discutiremos no capítulo 9; mas, como veremos naquele mesmo capítulo, para correlacionar os modelos-réplica com situações menos abstratas, precisamos do que denominamos *modelos-ponte*.

Em *Pragmática da investigação científica* (DUTRA, 2020, cap. 8), discutimos o papel dos modelos-ponte em geral. Mas devemos considerar também o papel mais específico que eles podem ter na elaboração de experimentos e simulações. A transposição dessas situações de laboratório para os contextos ordinários do mundo comum requer, por sua vez, também outros modelos-ponte, dos quais trataremos nos capítulos 9 e 10.

Dissemos acima que os modelos científicos são projetos de experimentos. Em contrapartida, na medida em que um experimento é realizado para reproduzir em circunstâncias especiais fenômenos que, em princípio, poderiam ocorrer em contextos ordinários, a relação entre um experimento e o contexto ordinário que com ele pode ser correlacionado é uma relação de analogia, obviamente. Assim, por sua vez, os experimentos são também *modelos* dessas situações. Nesse caso, os experimentos são exatamente

te o resultado daquilo que entendemos por *simulação*, isto é, um tipo de modelo científico criado a partir de outro modelo, de maior grau de abstração.

Apesar de alguns autores (como Guala, por exemplo, tal como veremos adiante, neste capítulo) fazerem a distinção entre experimento e simulação, nossa ideia é a de fazer convergir essas duas noções. E isso é possível porque ambos, experimento e simulação, também podem, de fato, ser compreendidos como tipos de modelos e estar relacionados com modelos científicos mais abstratos, os modelos-réplica. Dessa forma, experimentos ou simulações são mediadores entre modelos-réplica e situações ordinárias. Eles são modelos concretos ou digitais intermediários entre o modelo abstrato e as situações concretas, fora do laboratório ou do computador.

Isso coloca uma questão cognitiva ou epistemológica fundamental em relação aos modelos científicos: em que medida um modelo realmente representa situações ordinárias? A pressuposição comum dos cientistas que realizam simulações e experimentos-piloto é a de que, com as devidas aproximações, os modelos utilizados são representantes confiáveis de situações fora do laboratório. E isso vale também, guardadas as proporções, para os experimentos imaginários, como também veremos adiante, neste capítulo. Mas, por outro lado, as situações experimentais de laboratório são artificiais. Como já dissemos, elas precisam isolar algumas variáveis e evitar interferências indesejáveis. Essas são as questões principais que vamos discutir no restante deste capítulo, questões que implicam um tipo de realismo em relação aos modelos como representantes (e, nesse sentido, representações). Mesmo que não sejam representações fiéis, no sentido pictórico, enquanto algum tipo de espelhamento da realidade, os modelos podem ser representantes confiáveis de situações concretas e esse é o pressuposto que temos tanto ao lidarmos diretamente com os modelos enquanto entidades abstratas, quanto ao lidarmos com

eles como mediadores entre a situação idealizada e situações concretas, que é o que fazemos nas simulações.

O problema acima levantado também é colocado por alguns como o problema da *validade externa* de experimentos e modelos, como faz Guala (2005, cap. 7). Isto é, está em questão o quanto aquilo que há nos contextos experimentais ou em um modelo abstrato é pertinente a respeito de situações ordinárias, fora do laboratório. Esse autor também sustenta a diferença entre experimento e simulação, como já dissemos e como discutiremos na próxima seção.

A aproximação entre modelos, simulações e experimentos imaginários é feita também por Herbert Simon (1996), prêmio Nobel de economia de 1978 e uma das principais referências nessa área, assim como nas ciências cognitivas e na inteligência artificial. Em seu livro *The Sciences of the Artificial*, Simon (1996, cap. 1) trata ainda das simulações por computador, um recurso hoje amplamente utilizado em diversas áreas, como já mencionamos. Para Simon, os modelos em geral são simulações e essas, por sua vez, podem tomar a forma de experimentos imaginários ou de pensamento (SIMON, 1996, p. 14). Em relação às simulações – e envolvendo, portanto, os modelos e os experimentos imaginários –, esse autor também levanta a questão de serem esses recursos fontes de conhecimento novo, uma questão que é posta diretamente por outros a respeito específica e exclusivamente dos experimentos imaginários, como veremos adiante, neste capítulo.

Simon, que se ocupa em particular das simulações por computador, levanta a referida questão mediante duas pressuposições, a saber: (a) que uma simulação não é melhor que as pressuposições nela embutidas (isto é, que ela não pode conter, obviamente, mais informação que suas pressuposições) e (b) que um computador pode fazer apenas aquilo que ele é programado para fazer (não podendo, portanto, criar conhecimento novo) (SIMON, 1996, p. 14s). Para responder então à questão sobre como podemos alcançar conhecimento novo por meio de simulações,

Simon distingue dois casos: (i) quando tratamos de sistemas mais conhecidos ou mais bem compreendidos e (ii) quando tratamos de sistemas menos conhecidos, ou pouco conhecidos, ou não tão bem compreendidos. No primeiro caso, diz o autor, o conhecimento novo surge apenas porque, mesmo quando temos claramente formuladas as premissas das quais partimos, não podemos saber todas as suas implicações e para isso contribuem as simulações. No segundo caso, dos sistemas pouco conhecidos, também podemos ter conhecimento novo – e a fonte desse conhecimento novo reside justamente no uso de modelos, diz Simon (1996, p. 16s).

O que um modelo nos permite fazer – e aquilo para o que os computadores são úteis – é simular o comportamento do sistema. Adotando uma perspectiva funcionalista, Simon (1996, p. 6s) distingue o que ele denomina *ambiente interno* do *ambiente externo* a um sistema. Esse último é aquela situação na qual determinado sistema é colocado em relação com outros, enquanto o primeiro é sua configuração interna, ou seja, suas partes constitutivas ou subsistemas. A ideia advogada por Simon, assim como por outros defensores da perspectiva funcionalista, é que dois sistemas podem apresentar o mesmo comportamento sem que sua constituição interna seja a mesma. E por isso um modelo (simplificado) de um sistema permite fazer simulações, pois reproduzimos apenas o comportamento, independentemente da constituição interna e das propriedades específicas do sistema estudado (SIMON, 1996, p. 17). Por essa razão os computadores são ferramentas tão úteis na atividade experimental, pois eles permitem simular o comportamento dos mais diversos sistemas, inclusive o ser humano como agente. Disso decorre sua importância tanto para a economia, quanto para a psicologia. Simon diz a esse respeito:

A relação do programa com o ambiente abre um amplo e importante papel para a simulação por computador como uma ferramenta para alcançarmos um entendimento mais aprofun-

dado do comportamento humano. Pois se é a organização dos componentes, e não suas propriedades físicas, que em grande medida determina o comportamento, e se os computadores são organizados aproximadamente à imagem do homem, então o computador se torna um dispositivo óbvio para explorarmos as consequências das diferentes pressuposições de organização do comportamento humano. A psicologia pode ir adiante sem esperar por soluções provindas da neurologia para os problemas relativos à constituição interna [*component design*] – por mais interessante e importante que possa ser essa constituição (SIMON, 1996, p. 21).

A nosso ver, Simon coloca de forma bastante adequada a relação entre modelos e simulações e permite avançarmos uma resposta positiva para a questão levantada. Ou seja, podemos alcançar conhecimento novo por meio de simulações, com a mediação dos modelos, porque esses últimos, de fato, simulam o comportamento de outro sistema. Ora, esse aspecto nômico dos modelos científicos foi discutido no capítulo 3, quando comentamos as noções de analogia formal, de Nagel, e de modelo nômico, de Hempel. O conhecimento novo que uma simulação nos permite alcançar é conhecimento sobre o comportamento de determinado sistema, isto é, de suas relações com o ambiente externo do qual fala Simon.

Embora esse tipo de conhecimento possa parecer insuficiente para satisfazer nossa curiosidade sobre a constituição do mundo, ele não é de valor inferior ao conhecimento que, por outros meios, possamos ter da constituição interna e das propriedades dos sistemas que estudamos. Em primeiro lugar, esse conhecimento é altamente útil no entendimento do mundo porque ele nos permite prosseguir para abordagens mais molares e encararmos então o sistema cujo comportamento compreendemos melhor como um subsistema de um sistema maior. Assim, por exemplo, numa abordagem molar em economia, abordagem na qual, por exemplo, tomarmos o mercado como um sistema autorregulador, os agentes humanos podem ser encarados como subsiste-

mas constituintes do ambiente interno de tal sistema econômico. Esse é um tema ao qual retornaremos no capítulo 10, ao falarmos das ciências humanas em geral.

Contudo, em segundo lugar, o conhecimento do comportamento de um sistema também pode ter valor heurístico para a busca de conhecimento de seus subsistemas ou de sua constituição interna, de seu ambiente interno e, para nos atermos ao mesmo exemplo, guiar pesquisas em neurofisiologia. Tal como defendemos em outros textos,² o conhecimento do comportamento de um sistema (por exemplo, o indivíduo humano), isto é, da forma como ele se relaciona com outros sistemas no ambiente (externo), é indispensável para a interpretação dos fatos relativos à sua constituição interna (por exemplo, as regiões do cérebro que são responsáveis por determinadas formas de comportamento). Sem termos uma modificação significativa do comportamento do sistema, não haveria por que procurar um fator interno que possa contribuir para tal modificação de comportamento pelo simples fato de que não haveria um ponto de partida para orientar a pesquisa sobre a constituição interna do sistema. E, além disso, se tivermos uma pesquisa voltada diretamente para a constituição interna, nenhum fato que ela possa alcançar será significativo sem uma correlação com o comportamento do sistema.

Desse modo, vemos como a simulação, mesmo se restringindo a um estudo do comportamento dos sistemas envolvidos na analogia que ela permite, é um recurso experimental de fundamental importância para alcançarmos conhecimento novo. A questão que permanece, contudo, diz respeito à exata medida na qual devemos tomar os resultados de uma simulação como relevantes para o entendimento do sistema original, como discutiremos a seguir.

² Cf. DUTRA, 2020, cap. 1 e 3; cf. também DUTRA, 2006c.

7.2 Experimentos, simulações e validade externa

Em seu livro *The Methodology of Experimental Economics*, Francesco Guala (2005) trata das noções de experimento, simulação, replicação, piloto e outras noções em correlação com a de modelo científico. Como esse autor observa (2005, p. 47s), em algumas ciências humanas (como a economia justamente, mas também a psicologia), mesmo na falta de teorias (ou de teorias mais potentes), há um uso extensivo de modelos, inclusive nos contextos experimentais. Mas como, em princípio, nessas ciências, assim como em outras ciências experimentais, os experimentos são possíveis graças ao controle de determinadas variáveis e, de fato, por assim dizer, a criação de contextos artificiais, duas questões importantes e complementares se colocam em relação à validade externa de tais experimentos (e modelos): (1) se os experimentos não produziram efeitos que, de fato, não ocorrem nos contextos ordinários; e, se esse não é o caso: (2) em que medida o que se pode conhecer e controlar no contexto experimental vale para os contextos ordinários.

Guala afirma que quanto a esse problema da validade externa, são os cientistas das ciências naturais que têm muito a aprender com os das ciências humanas e não o contrário, como se costuma presumir a outros respeito (GUALA, 2005, p. 5 e 141s). A razão para isso é que nas ciências humanas o problema da validade externa é uma preocupação constante, enquanto que nas ciências naturais experimentais, em geral, ele é negligenciado. O cientista natural experimental pode prescindir de se preocupar se os resultados de seus experimentos podem ou não ser correlacionados com contextos ordinários; muitas vezes, esse tipo de relação é deixado para as ciências aplicadas. Mas o cientista das ciências humanas experimentais não teria qualquer razão para realizar experimentos se os resultados não pudessem ser estendidos a situações ordinárias, mesmo que por meio de determinados instrumentos mediadores.

Alguns experimentos realizados por economistas e psicólogos enfocam a problemática da escolha, por exemplo. Ora, mesmo estando cientes de que, no laboratório, o sujeito experimental vai realizar escolhas em um contexto controlado (supostamente, de forma adequada para permitir a ação de apenas algumas variáveis), o economista e o psicólogo não teriam razão para fazer o experimento se seu resultado não fosse significativo para as escolhas que as pessoas realizam nos contextos sociais comuns, mesmo que tenham de enfrentar o problema da mediação que vai permitir a generalização do resultado experimental para os contextos ordinários. Mas esse é um desafio que o psicólogo e o economista experimental não desejam adiar. Ele é, de fato, uma parte indispensável do próprio projeto de pesquisa no qual o experimento é realizado.

Há, com certeza, mais de uma razão para essa diferença *metodológica*, digamos, entre as ciências experimentais naturais e as ciências humanas, mas uma delas pode ser que, ao contrário das ciências naturais, para as quais a aplicação a contextos ordinários tem sido muitas vezes deixada a cargo da tecnologia (ou disciplinas aplicadas), no domínio das ciências sociais, embora haja a distinção entre ciências (mais) puras, digamos, como a psicologia e a sociologia, e ciências sociais (mais) *aplicadas* (como a pedagogia e o serviço social, por exemplo), não há uma *tradição técnica* ou *tecnológica* que seja relativamente independente das ciências puras, como podemos falar, por exemplo, das engenharias em relação à física e à química. A referência a *tecnologias ou engenharias sociais* ainda é encarada como uma forma um tanto metafórica de falar. Em alguns outros domínios, a diferença entre ciência pura e aplicada não é tão nítida, sendo talvez o caso das ciências biológicas em geral em relação à medicina, por exemplo. Por sua vez, aparentemente, na economia, as atividades (mais) teóricas e aquelas (mais) aplicativas estão muitas vezes a cargo dos mesmos profissionais. Essa questão é bastante complexa, pois envolve não apenas as diversas práticas científicas e tecnológicas, mas também os

próprios critérios de demarcação entre ciências puras e aplicadas e entre ciências naturais e humanas, assim como as fundamentações filosóficas para tais critérios. A questão envolve também, como salienta Simon (1996, cap. 2), os aspectos descritivo e normativo do trabalho do economista. A descrição de um sistema econômico pareceria então parte de um empreendimento inconcluso se o conhecimento alcançado não possibilitasse interferir no sistema e melhorar seu desempenho. Mas é claro que a possibilidade de relacionar o normativo com o descritivo, como uma etapa posterior e natural do mesmo empreendimento cognitivo, reside na natureza dos fenômenos estudados.

Guala discute alguns tipos de experimentos na economia, tipos que se encontram também em outras disciplinas experimentais, entre os quais aqueles experimentos que se destinam a replicar ou reproduzir determinado resultado ou determinado fenômeno (GUALA, 2005, p. 14s). Determinados experimentos destinam-se simplesmente a repetir os resultados já obtidos por outros experimentos, realizados por outros pesquisadores – um tipo de pesquisa que, obviamente, não almeja originalidade, mas que pode ter importância, por exemplo, se são levantadas dúvidas sobre os resultados antes obtidos. O que Guala denomina, por sua vez, uma *replicação genuína* é não a repetição de um resultado conhecido, mas a reprodução experimental do (mesmo) fenômeno por meio de um aparato modificado, isto é, em condições experimentais um pouco diferentes, mas que supostamente deveriam poder fazer o mesmo fenômeno se apresentar (GUALA, 2005, p. 14).

As replicações são um tipo de experimento, mas Guala acha importante distinguir experimento de simulação, como um tipo diferente de procedimento laboratorial. Ele diz:

[...] podemos conceber um critério para demarcar experimentos genuínos de “meras” simulações. A diferença reside no tipo de relação existente entre, de um lado, um experimento e seu sistema-*alvo*, e, de outro, a simulação e seu alvo. No primeiro caso, a correspondência se dá em um nível “profundo” e “material”,

enquanto que no segundo o que se admite é que a similaridade seja apenas abstrata e formal. Em um dispositivo de simulação, as propriedades, as relações e os processos simulados são produzidos completamente por *diferentes* (tipos de) *causas*. Em um experimento genuíno, as mesmas causas materiais daquelas do sistema-alvo estão funcionando; em uma simulação, isso não acontece, e a relação de correspondência (ou similaridade, ou analogia) é de caráter puramente formal (GUALA, 2005, p. 214-215; *itálicos e aspas no original*).

Essa demarcação proposta por Guala se justifica se temos em conta que ele está preocupado com o problema da validade externa e com a possibilidade de haver no procedimento experimental fenômenos artificiais que não ocorreriam nos contextos ordinários. Assim, basicamente, para ele a diferença entre um experimento e uma simulação residiria em utilizarmos os mesmos materiais e procurarmos manipular as mesmas causas (ou variáveis) que são encontrados nos contextos ordinários (o caso dos experimentos) ou não (o caso das simulações). Nessas, apenas reproduzimos o mesmo comportamento ou resultado, mas ele é obtido por meio de materiais e causas (variáveis) diferentes, como, por exemplo, nas simulações do comportamento humano por computador (GUALA, 2005, p. 214). Nesse caso, a analogia seria meramente formal e não material. Na simulação, os sistemas comparados exibem o mesmo comportamento ou comportamentos similares, mas em virtude de fatores causais diferentes. Essa postura está em consonância com a de Simon (1996, cap. 1), que comentamos na seção anterior. Isto é, ela enfatiza o fato de que na simulação o importante é reproduzir o comportamento do sistema, independentemente de sua constituição interna.

Uma vez que Guala está preocupado com os resultados da economia experimental, assim como com os de experimentos em outras ciências humanas, como a psicologia, sua distinção é interessante e, de fato, visa a uma definição mais exata de experimento, para evitar as simulações. Mas ele reconhece (GUALA, 2005,

p. 113s) a relação dos modelos científicos quer com os experimentos, quer com as simulações. Por outro lado, uma vez que, de nossa parte, o que interessa é a analogia formal que uma simulação permite, a demarcação proposta por Guala não seria tão importante ou tão necessária. Pois, justamente, nosso foco é o tipo de analogia *formal* que uma simulação permite. E por isso, de nosso ponto de vista, o mais interessante é a aproximação entre experimento, simulação e modelo científico, tendendo a inter-relacionar as três noções em determinados contextos científicos ou a relacioná-las de forma mais estreita.

De nossa perspectiva, o que deve ser posto em evidência é a capacidade dos modelos científicos de nos conduzir a simulações e experimentos e, desse modo, permitir haver uma analogia formal entre dois sistemas, que é o que, a nosso ver, há de essencial no uso de um modelo científico. É por isso que o próprio modelo, considerado enquanto sistema abstrato, pode ser visto como uma *simulação* e mesmo, em alguns casos, como um *experimento imaginário*, pois ele reproduz o mesmo comportamento ou, melhor dizendo, permite uma analogia formal entre os comportamentos de dois sistemas diferentes. E, assim, os procedimentos laboratoriais que mais nos interessariam seriam as simulações, pois elas é que resultam da aplicação de modelos enquanto veículos ou mediadores de analogias formais.

Na medida em que essas analogias formais dizem respeito à similaridade dos comportamentos dos dois sistemas comparados, elas exibem claramente a dimensão nômica dos modelos, como discutimos no capítulo 3 e também comentamos na seção anterior. O modelo permite a simulação quando ela é realizada em laboratório (ou por meio de experimentação, nesse sentido geral, independentemente da demarcação proposta por Guala, ou numa simulação por computador) porque ele é um projeto de uma máquina nomológica. Desse modo, uma simulação por computador ou por quaisquer outros meios conduz sempre ao mesmo resulta-

do, isto é, a reprodução dos mesmos efeitos ou do mesmo comportamento dos sistemas a serem comparados.

Embora, de fato, nas ciências humanas, aparentemente, seja mais interessante o uso de modelos para realizar experimentos no sentido de Guala, as simulações são possíveis em todas as ciências experimentais em virtude dos modelos. De fato, as simulações ampliam o escopo de aplicação dos modelos científicos. E elas o fazem mesmo para aquelas ciências que não são consideradas experimentais, pois nelas também podemos realizar experimentos imaginários, como discutiremos na próxima seção. Ora, os experimentos imaginários são simulações que não utilizam quaisquer dispositivos laboratoriais nem computadores, mas apenas nossa capacidade natural de imaginar.

Guala comenta também o que ele entende por um *piloto* ou *experimento-piloto*, que é, segundo ele, “basicamente, o próprio experimento, mas realizado em escala menor e sob monitoração cuidadosa” (2005, p. 30). Assim, para ele, o piloto é apenas uma versão (diminuída e mais controlada) do próprio experimento. Mas essa definição de piloto não faz muito sentido se tomada em abstrato e separada do tipo de experimento relatado por Guala no contexto da economia experimental (2005, cap. 2).

O experimento por ele relatado em seu citado livro diz respeito à contribuição e seu declínio com respeito aos bens públicos, experimento para o qual um grupo de sujeitos experimentais foi selecionado. De fato, o experimento (como muitos outros na economia experimental e na psicologia) consistiu em criar um contexto controlado de ação dos indivíduos. Em termos gerais, consistiu em projetar um tipo de *mecanismo social* em pequena escala, embora o próprio Guala não se refira explicitamente desse modo a seu experimento.

Contudo, ele define claramente em outro capítulo do livro em que sentido emprega o termo “mecanismo” com relação aos contextos das ciências sociais. E podemos ver então que no experimento de Guala trata-se do mesmo tipo de coisa. Ele diz:

O termo *mecanismo* é amplamente utilizado nas ciências sociais, de formas diferentes e, com frequência, inconsistentemente. Neste capítulo, vou me restringir ao significado que é comum na literatura técnica de economia: os mecanismos são *sistemas de regras* que regulam o comportamento de agentes (individuais, mas também instituições, tais como firmas, partidos políticos etc.) com o objetivo de alcançar determinados fins ou *resultados* (GUALA, 2005, p. 163; itálicos no original).

Como o experimento consiste na regulação do comportamento dos sujeitos experimentais por meio de determinadas regras que lhes são explicitamente apresentadas, com a finalidade de estudar sua ação ou suas respostas a determinados estímulos em conformidade com tais regras, o que o experimento faz é claramente a criação de um pequeno mecanismo social.

Assim, de fato, o experimento-piloto de que fala o autor consiste na realização do mesmo experimento, mas não propriamente com os mesmos sujeitos experimentais, e sim, de fato, com o pessoal do laboratório. Desse modo, em conformidade com a demarcação que o autor propõe, tratar-se-ia de um experimento e não de uma simulação. Contudo, as dificuldades na escolha dos sujeitos experimentais relatadas por Guala (por exemplo, fazia diferença se tais sujeitos fossem ou não estudantes de economia) sugerem que a demarcação não é tão nítida nesse caso. A questão que se pode levantar é se, de fato, o piloto realizado com o pessoal de laboratório, nesse caso, realmente contaria como um experimento, ou se não seria uma simulação.

Para Guala, como vimos, o que conta como experimento é o fato de utilizarmos o mesmo material. Nesse caso, teríamos de interpretar a expressão “mesmo material” dizendo respeito ao fato de utilizarmos sempre seres humanos na realização seja do piloto, seja do experimento propriamente. Mas isso torna o problema trivial, pois desconsidera o fato de que o que é relevante e faz o piloto ser diferente do experimento propriamente é que os dois grupos (no piloto, o pessoal do laboratório; no experimento, os

sujeitos selecionados) possuem experiências e conhecimentos diferentes.

Ora, se o que é relevante são as histórias diferentes (experiência e conhecimento) dos indivíduos de cada grupo, e não o simples fato de serem todos eles seres humanos, então no piloto não temos apenas o mesmo experimento, apenas realizado em ponto menor, mas uma simulação (no sentido de Guala). Pois o que vai produzir ou não o mesmo comportamento são, nesse caso, *causas* diferentes ou, melhor dizendo, as diferentes histórias de estímulo-resposta dos indivíduos que são tomadas como os fatores causais relevantes. Mais especificamente, o que faz diferença é o fato de que certos indivíduos são modificados previamente quanto às variáveis relevantes do experimento. E por isso mesmo a escolha ou não de estudantes de economia para o grupo experimental é um fator relevante.

Assim, de fato, por um lado, podemos ver que há problemas com a própria aplicação da demarcação de Guala nos contextos experimentais das ciências humanas, e, por outro, vemos também que um piloto pode bem ser uma simulação. No sentido em que estamos tomando o termo aqui, como dissemos acima, o piloto é apenas a reprodução do comportamento do mecanismo nas condições mais próximas daquelas do funcionamento ordinário desse mecanismo em situações ordinárias. O grupo do piloto do experimento de Guala, de fato, fez uma simulação do mecanismo que esse grupo queria colocar em funcionamento no experimento propriamente.

Outro aspecto relevante que essa discussão apresenta é a relação entre a noção de mecanismo, tal como definida por Guala, como vimos acima, e a noção de máquina nomológica. O mecanismo tal como definido por Guala tem claramente um caráter *normativo*, enquanto que, à primeira vista, a máquina nomológica de que temos falado neste livro parece ter caráter (mais) descritivo. Mas os modelos, como enfatiza muito bem o próprio Guala,

são estruturas de natureza híbrida, ao mesmo tempo descritiva e normativa (GUALA, 2005, p. 39).

De fato, o aspecto normativo dos modelos como projetos de máquinas nomológicas já foi enfatizado no capítulo 5, quando dissemos que os modelos científicos orientam os pesquisadores que desejam construir máquinas nomológicas concretas. Mas, tomados em si, os modelos são sistemas abstratos; são entendidos em sua dimensão descritiva, portanto. Ora, quando vemos um contexto social em funcionamento, isto é, com agentes humanos respondendo a determinados estímulos, temos o mecanismo social tomado em sua dimensão descritiva; e quando consideramos as regras que o constituem, temos o mesmo mecanismo em sua dimensão normativa.³

A diferença que haveria é que em um caso estaríamos falando de leis da natureza e no outro de regras socialmente compartilhadas, que se tornam leis sociais. O curioso é que, historicamente, a ideia de lei da natureza é que proveio daquela de lei social (ou jurídica). Mas, independentemente de haver uma diferença real entre leis da natureza e leis da sociedade (mesmo que se possa defender que, de algum modo, essas últimas derivariam da natureza humana), as noções de máquina nomológica e de mecanismo social se aproximam. Nos dois casos temos a ação de determinadas partes individuais em conformidade com regras. É isso o que torna esse contexto um sistema, seja ele um sistema natural, seja um sistema social. Os modelos científicos são sistemas abstratos para ambas as coisas.

³ Aqui não se trata dos aspectos normativo e descritivo da economia enquanto disciplina. No presente caso, estamos falando da dimensão *normativa* que um sistema social possui necessariamente, uma vez que os agentes humanos podem ter sempre seu comportamento interpretado como *ação segundo determinadas regras*, mesmo que elas não sejam explícitas, isto é, as regras que caracterizariam o comportamento ligado ao sistema em questão podem não estar claramente enunciadas.

Considerando esse ponto, a nosso ver, as noções de experimento e de simulação mais se confundem do que se distinguem, mesmo que desejemos a posição conciliadora de dizer que a simulação seria o experimento em que apenas a analogia formal conta. De fato, o mais razoável parece ser tomarmos essas noções de forma gradual e considerarmos que se temos num extremo as situações ordinárias e, no outro, o modelo idealizado, entre as duas coisas temos experimentos, simulações e pilotos, além de outras situações intermediárias, todas elas destinadas a correlacionar o modelo abstrato com as situações comuns às quais ele possa ser aplicado.

7.3 Experimentos imaginários

Os experimentos *imaginários* – ou *de pensamento*, ou *fictícios* – têm sido relacionados com os modelos científicos por diversos autores e o debate de filósofos e de cientistas-filósofos sobre eles remonta ao século XIX, assim como no caso dos modelos. Nas duas últimas décadas, com algumas exceções anteriores, assim como no caso dos modelos, o tema se tornou objeto de uma atenção mais sistemática dos filósofos da ciência profissionais e há hoje também certa literatura especializada sobre o assunto.⁴ E, mais uma vez em analogia com os modelos, os experimentos imaginários são concebidos de diferentes maneiras, às vezes aparentemente irreconciliáveis. Nesta seção vamos nos concentrar em determinada concepção de experimento imaginário, aquela que o relaciona diretamente com os modelos científicos.

Ernst Mach é considerado o pioneiro na discussão dos experimentos imaginários (MACH, 1908), tendo empregado o

⁴ Algumas das principais contribuições são as de James Borwn (1993), Roy Sorensen (1992), autores que, além desses livros, também publicaram diversos artigos em periódicos de filosofia da ciência, e John Norton (em especial NORTON, 1991), contribuições essas que serão discutidas nesta seção.

termo “*Gedankenexperiment*”, que tem sido traduzido por vezes como *experimento de pensamento*, por vezes como *experimento imaginário*. Contudo, muito antes de Mach, Hans Christian Oersted (1777-1851) utilizou o mesmo termo (circa 1812), assim como *Gedankenversuch* (isto é, *experiência* de pensamento, circa 1820). De acordo com James Brown,⁵ entretanto, o primeiro autor a utilizar o termo “*Gedankenexperiment*”, (circa 1805) foi Georg Christoph Lichtenberg (1742-1799). Para além da curiosidade histórica, importa mais entendermos em que sentido esses termos e seus relatos em outras línguas têm sido empregados.

Em inglês, por exemplo, podemos encontrar tanto *thought experiment* (o mais comum, cunhado a partir do equivalente alemão e que aparece pela primeira vez em 1897 numa tradução de um artigo de Mach), quanto *imaginary experiment* (menos comum, mas empregado, por exemplo, em POPPER, 2010a). A expressão inglesa *thought experiment* recobre hoje um amplo espectro de significações, algumas das quais contempladas pelas discussões dos filósofos da ciência, mas outras não, inclusive referindo-se a *experimentos em filosofia* (em ética, por exemplo).

De fato, a noção de *experimento de pensamento*⁶ nesse caso se confunde com qualquer tipo de argumentação contrafactual ou com qualquer argumento que convide o ouvinte ou o leitor a imaginar uma situação não real e inferir dela determinadas consequências, muitas vezes indesejáveis. Embora esses aspectos estejam envolvidos naquele tipo de situação que vamos denominar *experimento imaginário* e que vamos discutir nesta seção em corre-

⁵ Cf.: <http://plato.stanford.edu/entries/thought-experiment/>; acesso em 3 de novembro de 2010.

⁶ Vamos reservar as expressões “experimento de pensamento” e “experimento mental” para indicar a noção mais ampla, discutida, por exemplo, por SORENSEN, 1992 e BROWN, 1993, mas vamos tomar a expressão “experimento imaginário” para indicar a noção mais restritiva, discutida por outros autores, como Popper (2010a e 1985a), Kuhn (1991) e Norton (1991).

lação com os modelos científicos, a noção a que nos referimos é muito mais restritiva e, de fato, está estreitamente ligada àquela que é discutida por Mach.⁷

As discussões de Mach sobre os experimentos imaginários estão principalmente em seu livro *Erkenntnis und Irrtum [Conhecimento e erro]* (cf. MACH, 1908). Mach possuía uma concepção evolucionista e adaptativa do conhecimento, concepção também *sensorialista*, na qual os experimentos imaginários desempenham papel fundamental. Alguns aspectos do pensamento de Mach sobre os experimentos imaginários são especialmente comentados por Sorensen (1992, cap. 3). Em primeiro lugar, os experimentos imaginários decorrem de observações e experiências passadas. Para Mach, há um *continuum* que engloba os experimentos concretos (ou *físicos*, como ele os chama) e os imaginários. Além disso, para Mach, quanto mais um assunto é conhecido, mais confiáveis são os experimentos imaginários a seu respeito. Também para ele, os experimentos imaginários são uma condição necessária para os experimentos físicos ou concretos, um ponto que é enfatizado por Sorensen (1992, p. 62s) e depois por ele criticado.

Nessa crítica específica, a nosso ver, Sorensen (1992, p. 68 e 74) tem razão. De fato, como diz ele, por causa de sua posição sensorialista, Mach parece não ser capaz de discriminar entre os experimentos imaginários e outras formas de introspecção, como imaginação, fantasia, alucinação, meditação etc. Vale notarmos que, de fato, para Mach, a introspecção é um procedimen-

⁷ Mach é criticado por alguns (por exemplo SORENSEN, 1992, cap. 3), como veremos abaixo, por confundir o experimento mental com outros *eventos* mentais. Contudo, Norton (1991), Sorensen (1992) e Brown (1993) defendem, a nosso ver, uma concepção muito ampla de experimento de pensamento, que inclui também os mencionados experimentos mentais em filosofia, como também discutiremos adiante, neste capítulo. Por sua vez, Popper (2010a, 1985a) e Kuhn (1991), cujas posições também comentaremos, discutem uma noção mais específica, como é o caso, a nosso ver, também de Mach.

to básico que permite todos esses eventos mentais. Além disso, ao afirmar que os experimentos imaginários devem sempre preceder os experimentos concretos, Mach confunde o que é *planejar um experimento* (e que pode ser feito de diversos modos, contendo diversos aspectos) com o próprio experimento imaginário, diz Sorensen (1992, p. 74-75).

Embora estejamos em parte de acordo com as críticas de Sorensen a Mach, por outro lado, nos parece que Sorensen deixa escapar um aspecto essencial da concepção de Mach e o faz por ater-se demasiadamente a outras características que possui a noção mais ampla de *experimento de pensamento* que ele discute em seu livro. Ao contrário, a noção de Mach é mais restritiva por ater-se à investigação científica na física. Mas, mesmo assim, ela é paradigmática para outras áreas, como o próprio Mach enfatiza, inclusive para a matemática (MACH, 1908, p. 209).

Em seu já mencionado livro *Conhecimento e erro*, Mach (1908, cap. 11) começa comentando os pontos já destacados, alguns dos quais, como vimos, criticados por Sorensen. Mas o que esse comentador não menciona e que, a nosso ver, é um ponto importante na exposição do próprio Mach é que o experimento imaginário conduz ao experimento físico *naturalmente*, o que ocorre quanto mais é indeterminado em seus resultados um experimento imaginário (MACH, 1908, p. 200). Mas, mais importante que isso e mais decisivo para a relação entre experimento imaginário e modelo científico, Mach também comenta o uso dos experimentos imaginários por parte de Stevin e Galileu, sobretudo este último, e termina seu comentário a esse respeito afirmando que as noções físicas mais gerais são adquiridas por idealização ou abstração (1908, p. 204). Ora, diz ainda Mach, essas noções gerais são de caráter hipotético e suas consequências devem ser verificadas por experimentos físicos (1908, p. 206s). É desse modo que o experimento imaginário deve conduzir natural e necessariamente ao experimento físico.

O ponto que queremos enfatizar (e que, a nosso ver, é desconsiderado por Sorensen) é que a concepção de Mach associa o experimento imaginário com o experimento concreto (ou físico) de forma necessária e natural porque encara a experimentação como um processo geral que engloba essas duas etapas. Do ponto de vista da atividade científica, uma das etapas não substitui a outra. Elas se complementam naturalmente. De fato, antes de nos perguntarmos pela natureza dos experimentos imaginários, temos de nos perguntar pela natureza da experimentação em geral. Ora, é isso que temos também nas discussões de outros filósofos da ciência posteriores, como Kuhn.

Kuhn afirma que os experimentos imaginários podem ser uma ferramenta potente para aumentar nosso entendimento da natureza (KUHN, 1991, p. 240). Além disso, diz ele, os experimentos imaginários postulam situações que não poderiam ocorrer na natureza. Assim como Mach, Kuhn considera os experimentos imaginários em relação com os experimentos concretos e com o conhecimento que já temos a respeito de determinado assunto – as teorias aceitas, por exemplo.

Nessa perspectiva, Kuhn enumera três questões sobre o tema dos experimentos imaginários e seu valor na ciência numa passagem que merece ser citada. Ele diz:

Os principais problemas gerados pelo estudo dos experimentos imaginários podem ser formulados como uma série de questões. Primeiro, uma vez que a situação imaginada no experimento imaginário, claramente, não pode ser arbitrária, a que condições de verossimilhança ela está submetida? Em que sentido e em que medida a situação deve ser uma situação que a natureza possa apresentar ou que tenha, de fato, apresentado? Essa perplexidade, por sua vez, aponta uma segunda. Concedendo que todo experimento imaginário bem-sucedido incorpore em seu projeto alguma informação anterior sobre o mundo, essa própria informação não está em questão no experimento. Pelo contrário, se estivermos lidando com um experimento imaginário real, os dados empíricos sobre os quais ele se funda devem ser

tanto bem conhecidos quanto aceitos de forma geral antes que o experimento seja sequer concebido. Então, com base apenas nos dados conhecidos, como pode um experimento imaginário conduzir a conhecimento novo ou a um entendimento novo da natureza? Finalmente, para colocar essa terceira questão da forma mais curta possível, que tipo de novo conhecimento ou entendimento pode ser assim produzido? Se os cientistas esperam aprender algo com os experimentos imaginários, o que seria isso? (KUHN, 1991, p. 241.)

Essa passagem de Kuhn resume, de fato, as principais questões que devemos colocar a respeito dos experimentos imaginários para podermos tomá-los a sério em relação ao trabalho científico real, realizado antes de emprendermos um experimento imaginário, e em relação ao proveito que dele poderemos tirar, mais uma vez, no quadro do mesmo programa de pesquisa em andamento. Podemos reformular as três questões levantadas por Kuhn, de forma mais sintética, nos seguintes pontos:

- (i) a *verossimilhança da situação imaginada* – ela deve ser possível segundo as teorias aceitas (ou segundo o paradigma aceito);
- (ii) a *aceitação dos dados empíricos* nos quais se fundamenta o experimento imaginário – o fato de serem eles dados (ou fatos) estabelecidos por aqueles que compartilham as mesmas teorias (ou o mesmo paradigma);
- (iii) o *conhecimento novo* que pode ser produzido pelo experimento imaginário – aquilo que se espera ao realizar o experimento imaginário (assim como se esperaria de um experimento concreto).

Embora Kuhn não coloque a discussão exatamente nos termos a seguir, podemos dizer que suas três questões podem ser assimiladas, de fato, a três requisitos para que possamos levar um experimento imaginário a sério, isto é, para que possamos consi-

derar legítimo esse recurso em determinado programa de pesquisa. Se aceitarmos essas condições, veremos que a maior parte do que tem sido apresentado como *experimento de pensamento*, o que ocorreria também na filosofia, além de nas mais diversas ciências, não poderia ser aceito como experimento imaginário genuíno.

A maioria daqueles casos apontados como experimentos imaginários na filosofia, a nosso ver, não diz respeito ao mesmo tipo de coisa que encontramos nas ciências. E a razão, acreditamos, é que condições semelhantes a essas apontadas por Kuhn são tacitamente aceitas (ou então pressupostas pelos cientistas). Os filósofos, por sua vez, muitas vezes apenas imaginam uma situação possível, mas implausível na realidade, para criar um contexto não usual no qual seríamos levados a raciocinar de determinada forma. Isso se dá em muitos argumentos na ética e na epistemologia (como os casos do tipo examinado por Gettier e por aqueles que se dedicam a esse tipo de discussão). Mas nas ciências o experimento imaginário sempre pressupõe uma teoria ou hipótese definida e aceita. Ou seja, o controle do raciocínio relacionado com o experimento imaginário é mais rígido. O que é considerado possível nas ciências deve estar de acordo com determinada teoria e não pode ser tomado sem nenhuma restrição. Os filósofos em geral entendem a possibilidade da situação sem referência a nenhuma teoria.

O que acabamos de dizer, à primeira vista, desqualificaria experimentos imaginários famosos na ciência, inclusive na física, propostos por algumas das figuras mais importantes da área, como o próprio Einstein. Por exemplo, Einstein diz se imaginar a perseguir um raio de luz, viajando à mesma velocidade, para poder observar um campo eletromagnético em repouso (EINSTEIN, 1949, p. 53). Diante de tal suposição, diríamos que Einstein nos convida a imaginar uma situação impossível, pois não poderíamos viajar à velocidade da luz. Ora, devemos dizer que, do ponto de vista do senso comum e dos recursos tecnológicos hoje disponíveis, não podemos nos imaginar viajando a tal velocidade. Contu-

do, o que está em questão é se a situação é possível ou não do ponto de vista da teoria aceita.⁸ O que a teoria de Einstein postula é que a velocidade da luz é a velocidade máxima que qualquer corpo pode atingir. É em relação a esse ponto específico que o experimento imaginário, se ele é legítimo, deve ser avaliado, e não se temos as condições tecnológicas para empreender essa viagem, e nem mesmo se biologicamente estamos capacitados para atingir determinada velocidade e sobreviver. O ponto principal do referido experimento imaginado por Einstein é apenas que um observador viajando à mesma velocidade que um raio de luz, em princípio, poderia observar um campo eletromagnético em repouso. E isso, independentemente da magnitude da velocidade em questão, seria algo considerado possível até mesmo pela mecânica clássica.

Por outro lado, um critério como esse acima apontado, com base nos requisitos eleitos por Kuhn, bem poderia desqualificar esse experimento de Einstein, ou qualquer outro, de qualquer outro cientista, por mais eminente que ele seja. Esse é o tom,

⁸ O episódio, mencionado por Einstein em sua biografia e o referido experimento imaginário são comentados por Brown (1993, p. 15s), que também comenta diversos outros experimentos imaginários propostos por Galileu, Newton e outros. Por exemplo, de Galileu é mencionado o experimento das duas bolas atadas, relatado nos seus *Discorsi* (primeira jornada), destinado a refutar a teoria aristotélica (BROWN, 1993, p. 1-2). De Newton é relatado o experimento do balde, destinado a provar a existência do espaço absoluto (BROWN, 1993, p. 7-10). Finalmente, do próprio Einstein são comentados outros experimentos imaginários, como o do elevador (BROWN, 1993, p. 15-19). No mesmo capítulo do livro Brown ainda comenta outros experimentos famosos, como o do microscópio de raios λ , de Heisenberg, e o experimento do gato, de Schrödinger, além do famoso EPR, isto é, aquele contido no artigo conjunto de Einstein, Podolsky e Rosen, de 1935, na *Physical Review* (BROWN, 1993, p. 25s). Todos esses experimentos imaginários são apontados por Brown como tendo sido decisivos em suas respectivas áreas, com relação ou à aceitação das respectivas teorias, ou à refutação de teorias concorrentes.

por exemplo, dos comentários de Popper num dos novos apêndices a seu livro *A lógica da pesquisa científica* (POPPER, 1985a; 2010a), quando ele fala de “abusos” no uso de experimentos imaginários na mecânica quântica, mencionando diversos dos experimentos imaginários famosos nessa área, como EPR e o microscópio de Heisenberg.

Ao contrário da maioria dos autores que escrevem em língua inglesa, Popper utiliza a expressão *imaginary experiment* (e não *thought experiment*). De fato, Popper tem um objetivo bem modesto no referido apêndice, que é apenas o de alertar para o uso que ele denomina *apologético* de um experimento imaginário, que consistiria em utilizá-lo para defender ou argumentar em favor de uma teoria. Isso está bem em consonância com as ideias de Popper sobre o método crítico das ciências, que devem sempre expor as teorias à prova, e não procurar defendê-las ou impedir que sejam refutadas. Mas Popper também fala de outros usos dos experimentos imaginários, como o uso *crítico* propriamente (aquele de Galileu com seu experimento imaginário das duas bolas ligadas e em queda, para refutar a física aristotélica). Ele fala também de um uso *heurístico*, que pode ser de valor (POPPER, 2010a, p. 464s).

Ora, o que temos da parte de Popper seria outro critério, de caráter metodológico mais geral, mas comparável com aquele que inferiríamos dos comentários de Kuhn. O que está em questão nos dois casos, de Kuhn e de Popper, é em que medida os experimentos imaginários são relevantes para a área a que se destinam. Eles serão considerados relevantes se atenderem a certas exigências metodológicas.

Voltando à problemática levantada por Kuhn, entendida então nesses termos, como acabamos de comentar em comparação com Popper, de fato, Kuhn nos oferece duas respostas diferentes. A primeira é mais restritiva (KUHN, 1991, p. 242s), dizendo que um experimento imaginário não conduz exatamente ao entendimento da natureza, mas do aparato conceitual do cientis-

ta. Todavia, essa resposta pode ser expandida para alcançarmos sua outra, mais para o final do texto de Kuhn, segundo a qual também se aprende sobre a natureza (KUHN, 1991, p. 261s). Assim, segundo Kuhn, um experimento imaginário também contribui a seu modo para o conhecimento da própria natureza, em particular, na atividade de deduzir consequências não conhecidas da teoria aceita. Vejamos.

Kuhn diz que um experimento imaginário precisa apresentar uma situação “normal”, isto é, situação à qual os conceitos aceitos pelos cientistas se apliquem tal como o foram antes (KUHN, 1991, p. 252). Na exposição de sua segunda resposta, então, Kuhn diz primeiro que um experimento imaginário pode ajudar a perceber os defeitos ou falhas que uma teoria teria, incapacitando-a para se ajustar aos fatos (KUHN, 1991, p. 258). Além disso, um experimento imaginário pode conduzir o cientista a acessar informação que ele já tinha mas não estava acessível (KUHN, 1991, p. 261), o que sugere as consequências inesperadas de uma teoria, tal como comentamos acima, mas também, no caso da visão de Kuhn da ciência, as anomalias. Um experimento imaginário, segundo Kuhn, ajuda no reconhecimento da anomalia e a tirar consequências dela. Ele diz: “Ao transformar uma anomalia sentida em uma contradição concreta, o experimento imaginário informa nossos sujeitos daquilo que está errado” (1991, p. 264). Ora, o que está errado não é *errado* apenas do ponto de vista do paradigma, mas também em relação ao ajuste entre paradigma e mundo.

A nosso ver, embora talvez não completo, nem infalível, obviamente (no sentido de incluir e excluir apenas o que intuitivamente desejaríamos, como ocorre com qualquer critério), o possível critério acima apontado para identificarmos experimentos imaginários genuínos, baseado nos requisitos de Kuhn – verossimilhança da situação imaginada, aceitação dos dados iniciais e a produção de conhecimento novo –, é bastante razoável. O que o legitimaria pragmaticamente é que ele nos levaria a tomar a sério

do ponto de vista da prática de investigação em determinado programa de pesquisa o experimento imaginário que, estando de acordo com os referidos requisitos, cumpre um papel metodológico relevante em sua área. Ora, uma forma pela qual um experimento imaginário atenderia a todos os três requisitos consiste em estar baseado em um modelo da teoria aceita.

Até aqui, estamos pressupondo que os experimentos imaginários, baseados em modelos científicos disponíveis, *provêm* de teorias aceitas, por assim dizer, em vez de nos conduzirem a elas, isto é, nos levarem a formular teorias novas. O caso, por exemplo, do experimento de Galileu com as duas bolas atadas é encarado como um experimento que se, por um lado, refutou a teoria aristotélica, por outro, conduziu à teoria do próprio Galileu. Um caso semelhante, segundo Brown (1993, p. 48), seria aquele do experimento do balde proposto por Newton, que teria conduzido à mecânica clássica. Ora, a questão levantada aqui pode ser respondida tendo em conta a resposta a uma questão mais geral, que é aquela sobre a diferença entre experimento imaginário e raciocínio. Muito do que tem sido discutido na literatura especializada no tema, surpreendentemente, toma em conta menos os critérios metodológicos com relação a experimentos imaginários nos programas de pesquisa, como discutimos acima, e mais as formas de raciocinar ligadas a eles, sendo esse, a nosso ver, o caso de Norton (1991), Sorensen (1992) e Brown (1993). Vejamos então brevemente os principais comentários desses autores. Um experimento imaginário é, sem dúvida, um recurso argumentativo, mas ele deve ser também, em primeiro lugar, um (tipo de) *experimento*. E é esse aspecto que, a nosso ver, é negligenciado pelos três autores acima referidos.

Norton afirma corretamente a nosso ver que, já que um experimento imaginário não é um experimento físico (ou concreto), ele não pode dar informação sobre o mundo. A informação que há em um experimento imaginário só pode provir do que já temos (NORTON, 1991, p. 129), isto é, da teoria, do conhecimen-

to contido em determinado programa de pesquisa, de outros experimentos etc.

Norton afirma ainda que um experimento imaginário, que é um *argumento*, deve postular um estado de coisas hipotético ou contrafactual (NORTON, 1991, p. 129-130), além de invocar particulares irrelevantes (isto é, uma situação específica que instanciaria o caso geral). Isso também nos parece correto, uma vez que procura chamar a atenção para o que haveria de essencial em um experimento imaginário e não para aspectos secundários. Lembremos que, no caso do experimento imaginário de Einstein, comentado acima, em que alguém perseguiria um raio de luz, o essencial é a ideia de relatividade da observação em relação ao observador e não o aspecto particular e irrelevante de podermos fazer tal viagem.

Por outro lado, Norton afirma também que um experimento imaginário pode ser (entre outras coisas) uma pura derivação dedutiva de alguma teoria (NORTON, 1991, p. 120-130). Mas sustenta, por fim, que os experimentos imaginários na física moderna são simplesmente argumentos (NORTON, 1991, p. 142). E aqui chegamos então à questão mais geral acima mencionada.

Ora, os experimentos imaginários são certamente recursos argumentativos, mas disso não se pode concluir que eles sejam simplesmente argumentos. Se os experimentos imaginários são, em primeiro lugar, como devem ser, experimentos, então o mais correto é dizer que eles são substitutos para experimentos concretos. Também um experimento concreto pode ser evocado em um argumento e, assim, o relato de um experimento imaginário pode igualmente ser uma peça de argumentação. E mais, também da mesma forma que no caso de experimentos concretos, os experimentos imaginários podem utilizar modelos.

Realizar um experimento imaginário tem a ver, obviamente, com uma forma de raciocínio, o que não quer dizer que se reduza a isso. Realizar um experimento imaginário, a nosso ver, é semelhante a realizar um raciocínio matemático. Por exemplo,

isso não tem nada a ver com a introspecção. Esse é um ponto em que divergimos de Mach e de Sorensen ao mesmo tempo, pois, aparentemente, esse último autor se deixa levar pela perspectiva introspeccionista de Mach. Sorensen (1992) não apenas dedica em seu livro um longo capítulo às ideias de Mach sobre os experimentos imaginários, mas também parece adotar a mesma perspectiva no restante do livro.

Não podemos tomar os experimentos imaginários como o tipo de coisa que ocorre na introspecção, pois nesse caso, então, o raciocínio de qualquer tipo seria também introspecção, o que não é o caso, obviamente. Assim como no raciocínio matemático, em um experimento imaginário, o que fazemos é procurar consequências a partir de determinadas premissas. É um tipo de raciocínio *dedutivo* e não indutivo. Não há nada de misterioso, nem arbitrário, nem duvidoso em um experimento imaginário, diferentemente de processos introspectivos possíveis. Pois em um experimento imaginário apenas seguimos aquilo que é estipulado num modelo ou pelos conceitos e leis de uma teoria ou hipótese. Assim, dada a hipótese, apenas procuramos inferir suas consequências. Ou seja, se as coisas se passarem como diz a hipótese, então determinadas outras coisas terão lugar. Trata-se de um exercício de raciocínio contrafactual, como corretamente apontam Norton e o próprio Sorensen (1992, p. 6), mas não de um processo introspectivo.

A maior parte do livro de Sorensen, na verdade, trata muito mais dos aspectos ou psicológicos, ou lógicos, ligados ao exercício de experimentar mentalmente, o que confirma a influência da perspectiva de Mach. Mas no capítulo 9 Sorensen (1992, p. 216s) discute a questão se os experimentos imaginários são *experimentos*, assim como as diferenças e similaridades entre noções como: experimentos de pensamento, imaginários, fictícios e míticos (respectivamente: *thought*, *imaginary*, *fictional*, *mythic experiments*). Ele também discute a relação entre experimentos imaginários, modelos e simulações.

Já comentamos acima as variantes terminológicas, mas Sorensen as utiliza para fazer distinções conceituais e reais. Para ele, um experimento *imaginário* consiste em imaginar um experimento real (SORENSEN, 1992, p. 218-219), um experimento *fictício* consiste em um experimento dentro de uma peça de ficção (1992, p. 222s) e um experimento *mítico* é, na verdade, um mito, um experimento que não ocorreu. Mais importante que essas categorias, para Sorensen, os experimentos imaginários (isto é, *thought experiments*) são um tipo de raciocínio – no que, mais uma vez, aparentemente, ele segue Mach.

Contudo, as duas questões levantadas por Sorensen que nos interessam são: (i) se os experimentos imaginários são experimentos e (ii) se eles são simulações. Começemos por essa última. Sorensen (1992, p. 225s) começa distinguindo simulações concretas (aquelas, por exemplo, executadas em túneis de vento) de simulações imaginárias (aquelas em que convidamos o leitor ou o ouvinte a considerar determinado experimento imaginário). Para ele, as simulações não são experimentos. Sorensen diz:

Para responder à questão se as simulações imaginárias são experimentos imaginários, deveríamos primeiro perguntar se as simulações são experimentos. A resposta é *não*. Uma simulação é uma demonstração em duas partes, composta de um experimento e de um argumento analógico. A questão enfocada por uma simulação diz respeito às variáveis que não são manipuladas no experimento da simulação. O experimento que a compõe manipula variáveis que são análogas àquelas envolvidas na questão para a qual a simulação se dirige. O trabalho do argumento analógico da simulação é o de apoiar essa relação. Raciocinando da mesma forma, uma simulação imaginária contém um experimento imaginário, mas ela própria não é um experimento imaginário (SORENSEN, 1992, p. 226-227).

Quanto à primeira das questões acima levantadas, depois de longas considerações quanto à natureza dos experimentos concretos (ou “comuns”, *ordinary*, como Sorensen os chama) e dos

experimentos imaginários, esse autor conclui seu mencionado capítulo dizendo que os experimentos imaginários são, de fato, *experimentos*. Ele afirma:

Embora haja alguns pontos de diferença entre os experimentos imaginários e os experimentos comuns, não se trata de diferenças de maior importância, que possam impedir de classificarmos os experimentos imaginários como experimentos. De qualquer forma, os pontos de semelhança são suficientemente substanciais para sobrepujar as diferenças. Na maior parte das vezes, compararmos os experimentos imaginários com outros experimentos conduz a acerto (*insight*) em vez de erro. A expressão “experimento imaginário” não é uma expressão sistematicamente enganadora, pela simples razão de que os experimentos imaginários são experimentos.

Portanto, minha conclusão é que ou os experimentos imaginários são experimentos, ou “experimento” tem de ser redefinido para poder incluir os experimentos imaginários. A resposta curta à questão desse capítulo é *sim*. Acredito que ambos os extremos do contraste ingênuo entre experimentos comuns e imaginários foram exagerados por um debate exacerbado entre empiristas radicais e racionalistas liberais. Quando um empirista olha para um experimento comum, ele é afetado pelo fato de que eles trazem informação nova sobre o mundo. Sua crença de que todo conhecimento do mundo deriva da experiência o conduz a ver o experimento como um ato emblemático de sua posição filosófica. Assim, o empirista direciona a nova informação de forma que ela ofusque os outros aspectos racionalmente persuasivos do experimento, escondendo-os, mesmo que se valha deles. Em vez de desafiar essa imagem distorcida do experimento, vemos que os racionalistas a adotam, concordando com os empiristas sobre sua verdade. O tema do racionalista se torna a estreiteza do empirismo, que o empirista desconsidera as alternativas ao experimento.

A atitude apropriada em relação ao experimento consiste em ver que ele persuade racionalmente de duas maneiras. Sua forma mais direta de persuasão é a injeção de informação nova sobre o mundo. Mas os experimentos ordinários também persuadem pelos métodos associados pela pesquisa de gabinete: ao recapitular

tular, transformar, delegar, rearranjar e limpar. Quando percebermos que todos esses fatores sempre acompanham o experimento imaginário, vamos deixar de encará-lo como a introdução de uma *nova* forma de persuasão. O experimento imaginário apenas revela os fatores persuasivos ocultos envolvidos nos experimentos comuns quando remove o mais óbvio deles (SORENSEN, 1992, p. 250-251).

De fato, o que Sorensen faz nessa passagem é reafirmar seu entusiasmo com os experimentos imaginários e os “métodos de gabinete”, como ele os chama. Mas ele foge da questão considerada fundamental por todos, isto é, se um experimento imaginário é capaz de trazer informação nova sobre o mundo da mesma maneira que o experimento comum ou concreto permite fazer. Ora, isso seria assim apenas se assimilássemos os experimentos imaginários às formas de raciocínio como aquelas que encontramos, por exemplo, na matemática e adotássemos também uma postura racionalista radical (o que, aparentemente, é o caso de Sorensen) ou uma postura platônica, o que é o caso de Brown explicitamente.

O mencionado livro de Brown (1993), por sua vez, tem como ponto principal a defesa de uma concepção platônica dos experimentos imaginários, que aproxima aquilo que fazemos em um experimento imaginário daquilo que fazemos num raciocínio matemático, esse também interpretado de forma platônica (BROWN, 1993, p. ix). Adotando essa perspectiva, o autor diz que o objeto de um experimento imaginário é o próprio mundo, que o experimento imaginário é um método para aprendermos sobre o mundo (BROWN, 1993, p. 15). Assim, nos experimentos imaginários, deve haver algo visualizável e imaginável, pois eles são como os experimentos concretos; neles algo tem de ser manipulado (BROWN, 1993, p. 17).

Brown também apresenta uma classificação dos experimentos imaginários da seguinte maneira (1993, p. 33s): há experimentos (I) construtivos que, por sua vez, se subdividem em: (I.I)

mediativos, (1.2) conjecturais e (1.3) diretos; e há experimentos (2) destrutivos. Os construtivos diretos e os destrutivos são também, diz Brown, experimentos *platônicos*. Os experimentos destrutivos, por sua vez, funcionam basicamente como os raciocínios de redução ao absurdo (BROWN, 1993, p. 34). Os experimentos construtivos mediativos facilitam uma conclusão tirada de uma teoria (BROWN, 1993, p. 36); os experimentos construtivos conjecturais consistem em estabelecer um fenômeno (relativo ao próprio experimento) e então levantar uma hipótese para explicá-lo (BROWN, 1993, p. 40). Os experimentos construtivos diretos partem de fenômenos já aceitos e conduzem a uma teoria (BROWN, 1993, p. 41).

Os experimentos denominados *platônicos* (os construtivos diretos e os destrutivos) são assim chamados apenas porque, segundo Brown, consistem na possibilidade de termos conhecimento *a priori* (BROWN, 1993, p. 45). Um exemplo apontado por Brown é o experimento do balde de Newton, classificado como um experimento construtivo conjectural, pois teria conduzido a postular a existência do espaço absoluto.

Com relação a esse último ponto, que poderia, aliás, ser generalizado, o que poderíamos dizer, diferentemente do que afirma Brown, é que Newton já possuía a hipótese do espaço absoluto e que o experimento imaginário que ele propõe é apenas uma forma de argumentação para tentar convencer o interlocutor a também aceitar a noção. Não devemos confundir argumentos com experimentos imaginários, pois esses, assim como os experimentos concretos, podem ser mencionados em argumentos, embora haja, é claro, convergência entre essas noções.

Além disso, o problema com a posição de Brown, a nosso ver, é que ele parece tornar trivial a noção de experimento imaginário, pois sugere que qualquer menção a uma situação concebida com base em alguma teoria (o que, a nosso ver, mais propriamente, seria um modelo), já contaria como um experimento imaginário. Ora, num sentido vago, um modelo pode ser identificado com

um experimento imaginário (como fazem Morgan e Morrison, cuja posição discutimos no capítulo anterior). Mas num sentido mais específico, um modelo é, mais propriamente falando, um *projeto de experimento imaginário*, já que é um projeto de máquina nomológica, sendo também, como já dissemos, um projeto de experimento concreto.

A nosso ver, de forma geral, a melhor aproximação seria então a dos experimentos imaginários com as simulações, pois nessas, assim como nos experimentos imaginários, há um distanciamento em relação às condições ordinárias nas quais se dão os eventos a serem estudados por uma ciência. Desse modo, se nos ativermos a critérios metodológicos precisos, como aqueles apontados por Kuhn, como vimos acima, e tendo em conta também a questão da validade externa, que discutimos na seção anterior a respeito das simulações, então poderemos ter uma visão unificada de (i) experimentos, (ii) simulações e (iii) experimentos imaginários, sendo tomados como distanciamentos gradualmente maiores das situações ordinárias que estudamos e, ao mesmo tempo, como aproximações gradualmente maiores dos modelos científicos enquanto réplicas abstratas.

Desse modo, em um extremo, teríamos o modelo abstrato, no outro, a situação ordinária no mundo, situação que desejamos estudar e à qual, segundo a teoria aceita, nos parece pertinente aplicar o modelo. Entre um extremo e outro, mas sempre informados pelo modelo, temos os experimentos imaginários (aqueles que talvez mais se aproximem dos modelos, podendo ser confundidos com eles muitas vezes), as simulações (que guardam um maior grau de abstração em virtude da restrição sobre as variáveis a serem manipuladas) e, por fim, os experimentos concretos que, por sua vez, também não deixam de se distanciar da situação não experimental correspondente, em virtude de serem igualmente baseados em modelos e teorias.

7.4 Simulações com modelos concretos e digitais

Na primeira seção deste capítulo referimo-nos a modelos concretos, como manequins vivos e manequins de ateliê, e os relacionamos com os modelos abstratos. Para terminar este capítulo, vamos retomar o tema da simulação que emprega modelos concretos, uma atividade que teve grande relevância científica ao longo do século XIX e que no século XX tendeu a ser encarada como de menor importância, em virtude justamente do fato de termos passado a interpretar tanto as teorias, quanto os modelos científicos, de forma mais abstrata. O modelo abstrato é, com certeza, sempre importante, já que é o projeto de modelos concretos e dos experimentos que possam empregá-los. Mas, posto isso, devemos também discutir o papel das simulações feitas com modelos concretos como fonte de conhecimento novo.

Hoje, em virtude do avanço da informática, tem sido possível também dispensar os modelos concretos tradicionais e fazer simulações com *modelos digitais*, isto é, simulações por computador ou simulações digitais. Já nos referimos a esse ponto antes, neste capítulo, quando mencionamos as ideias de Simon sobre a simulação por computador como uma forma de reprodução do comportamento de determinado sistema. Também esse tipo de simulação *digital* deve ser discutido quanto à sua capacidade de gerar conhecimento novo e de lidar com um volume de informação muito grande em um curto período de tempo. Esse tipo de simulação tende a substituir com vantagem os modelos concretos do passado, tendo se tornado em algumas áreas uma ferramenta de pesquisa de valor inestimável, sobretudo quando o número de variáveis a serem consideradas é muito elevado, como no caso das previsões climáticas.

O outro tipo de modelo concreto que tem sido amplamente utilizado nas ciências atuais (especificamente, nas ciências da vida) são os animais de laboratório selecionados e modificados

artificialmente para determinados estudos.⁹ Esses animais pertencem a linhagens não encontradas na natureza e apresentam características selecionadas especialmente para, por assim dizer, *isolar determinadas variáveis*, permitindo o estudo de determinados aspectos de sua fisiologia, muitas vezes associados ao uso de certas drogas, com a finalidade de conhecer seus efeitos na fisiologia humana, na prevenção e no tratamento de doenças. Ora, assim como os manequins vivos das passarelas, que têm seu corpo modelado fisicamente e mantido em determinadas proporções (infelizmente, como se sabe, muitas vezes com danos para a saúde dessas pessoas) e que simulam o modelo ideal de corpo humano, o mesmo ocorre com esses animais de laboratório. O tipo de experimento a que se destina esse tipo artificialmente modificado de organismo animal é uma forma de simulação, por exemplo, dos efeitos de determinadas substâncias na economia interna daquele organismo.

Se determinado conhecimento relevante é alcançado por meio desses testes, o próximo passo consiste em extrapolar a informação para domínios mais amplos e, por exemplo, por analogia, prever os efeitos das mesmas substâncias no organismo humano. Nessa etapa da pesquisa, muitas vezes, grupos de seres humanos são selecionados e convidados a contribuir nos testes de aplicação ao organismo humano. Na pesquisa sobre os efeitos de novas drogas, por exemplo, em geral, basicamente, dois grupos estão envolvidos, o das pessoas que recebem a droga e o chamado *grupo de controle*, composto de pessoas que não recebem a droga, mas cujas funções orgânicas são estudadas igualmente para saber se, no caso da aplicação da droga às pessoas do primeiro grupo,

⁹ Sobre esse ponto, cujos detalhes deixamos para a literatura especializada, cf., por exemplo, WEBER, 2007, entre outros textos que tratam do assunto em CREAGER; LUNBECK; WISE, 2007. Vale destacarmos, contudo, o caso das linhagens de moscas (*Drosophila melanogaster*), discutido por Weber, e outros animais que não se encontram na natureza.

ela teve o efeito esperado (além de outros possíveis efeitos colaterais).

Nesses casos todos estamos lidando com simulações com modelos vivos e há diversos modelos biológicos envolvidos, de níveis diferentes de abstração. Em primeiro lugar, temos um modelo mais geral – e abstrato – de organismo animal, cuja economia interna exibiria os mesmos fatores, válidos para quaisquer indivíduos de quaisquer espécies animais.¹⁰ Em segundo lugar, temos os modelos concretos (como animais de laboratório, manequins vivos e pessoas dos grupos experimentais etc.), que são os modelos vivos que supomos instanciar o modelo abstrato. Mas mesmo tomando esses modelos concretos, temos também a relação de instanciação ou representação entre eles, pois os animais de laboratório, por exemplo, são tomados como modelos (simplificados, supomos) dos seres humanos, sendo, assim, também seus representantes para determinados efeitos. Esses modelos representam uns aos outros enquanto *representantes* – e não *representações* no sentido pictórico e tradicional associado a esse termo – e, assim, para determinados efeitos, permitem simulações. Ou seja, sempre presumimos que o que ocorre com um dos modelos permite conhecer ou prever o que vai ocorrer com o outro.

Para isso, muitas vezes as semelhanças fisiológicas são consideradas relevantes, mas muitas outras vezes não, e o que é relevante é meramente uma semelhança de comportamento ou, mais precisamente, nesse caso, de funcionamento, isto é, do que ocorre no meio interno do tipo de organismo estudado como si-

¹⁰ Esse tipo de modelo é o que está associado à teoria do meio interno, de Claude Bernard. Para uma exposição dessa teoria e do modelo correspondente, além de diversas obras do próprio Bernard (como, por exemplo, BERNARD, 1984), cf. também DUTRA, 2001b e 2020, cap. 8. O modelo de Bernard valia, segundo ele, para todo organismo vivo, animal e vegetal, sendo, portanto, mais geral ainda do que aquele que estamos aqui presumindo. Para uma discussão sobre as próprias espécies naturais como modelos científicos, cf. DUTRA, 2011.

mulação do que ocorreria com outro tipo de organismo. De qualquer forma, a simulação por meio de modelos vivos, em alguma medida, depende de alguma semelhança fisiológica, mesmo que seja a mais geral possível, o que um modelo geral de organismo permitiria. É dessa forma, por exemplo, que segundo o próprio Claude Bernard, autor da teoria do meio interno e do modelo correspondente a que já nos referimos, dizia que, em suas totalidades, os organismos unicelulares e os organismos pluricelulares são basicamente iguais em seus traços mais gerais, uma vez que, em ambos os casos, o que temos é um meio interno aquoso que permite as ocorrências de todos os fenômenos da economia animal, em última instância, o mesmo valendo para unicelulares e pluricelulares classificados como vegetais.

Em contraste com esse tipo de simulação por meio de modelos vivos, as simulações digitais ou por computador não dependem de nenhuma semelhança física, mas apenas de analogias nômicas ou relativas ao comportamento do sistema. A ideia básica a que já nos referimos é que, a partir de um modelo abstrato de um sistema qualquer, se conhecermos as variáveis envolvidas em determinadas funções, realizações ou comportamentos do sistema – conhecendo, portanto, as relações nomológicas entre tais variáveis –, os sistemas digitais de hoje permitirão fazer simulações relevantes para o conhecimento do sistema real com o qual o modelo abstrato está correlacionado. Isso é possível para a economia de quaisquer tipos de máquinas, seres vivos e sistemas mais abrangentes, como aqueles relativos aos fenômenos climáticos, por exemplo, assim como para os fenômenos geológicos relativos a grandes porções da crosta terrestre (como as placas tectônicas).

Há dois problemas que o uso de modelos digitais permite resolver e que ou não eram bem resolvidos com o uso de modelos em escala e simulações em laboratório, ou não poderiam ser resolvidos de forma alguma por esse meio. O primeiro problema é o do número de variáveis envolvidas em determinados acontecimentos que desejamos estudar, como no caso dos fenômenos cli-

máticos. O segundo é o da energia necessária ou dos meios materiais necessários para reproduzir ou simular determinados fenômenos, como no caso dos fenômenos geológicos e astronômicos. Assim, se aceitamos a simulação digital como uma forma genuína de experimentação, algumas ciências que no passado foram consideradas ciências não experimentais (como a climatologia, a geologia e a astronomia) passam a poderem também ser consideradas ciências experimentais.¹¹

Os meios materiais ou concretos para isso são, como dissemos, a existência de computadores de grande capacidade de processamento, máquinas capazes de lidar com um grande número de variáveis e de fazer rapidamente um imenso número de cálculos. Presumimos também que tais recursos envolvam ainda os programas que fazem tais máquinas processarem adequadamente os dados que lhes são fornecidos. Mas, mesmo assim, outro elemento essencial das simulações digitais precisa ser fornecido, que é o modelo abstrato a partir do qual a máquina será programada e vai realizar a simulação. A possibilidade, portanto, de que as simulações por computador produzam conhecimento novo e relevante sobre algum sistema reside também – e principalmente – no uso de um adequado e já suficientemente informativo modelo abstrato.

¹¹ Sobre as simulações digitais e os modelos climáticos, cf., por exemplo, DALMEDICO, 2007. Sobre os modelos concretos destinados ao estudo de fenômenos geológicos, como a formação de cadeias de montanhas em decorrência de movimentos das placas tectônicas, cf. ORESKES, 2007. Essa autora trata dos modelos concretos que antecederam o uso de computadores, modelos (na verdade maquetes ou modelos em escala) realizados com materiais apropriados para simular determinadas propriedades das camadas da crosta terrestre. Hoje, com o uso de computadores com grande capacidade, tal como no caso dos fenômenos climáticos, os modelos digitais substituem com vantagem esses modelos em escala. Para o uso em geral de modelos concretos em diversas áreas, inclusive diversos ramos da física, cf. os textos reunidos em CHADAREVIAN; HOPWOOD, 2004 e CREAGER; LUNBECK; WISE, 2007.

Esse modelo abstrato, que em muitos casos resulta de informação obtida por experimentos e simulações anteriores em algum domínio de pesquisa, ao mesmo tempo, muitas vezes, decorre também de certas teorias aceitas pelo menos como hipóteses de trabalho. Essa relação entre o modelo abstrato e os modelos concretos ou digitais com os quais ele está correlacionado não é acidental e, a nosso ver, constitui um dos aspectos característicos das ciências contemporâneas, inclusive as ciências humanas. De forma geral, esse assunto será tratado no capítulo 9 e, especialmente para o caso das ciências humanas, no capítulo 10.

Entidades abstratas

Os modelos científicos são entidades abstratas – afirmamos diversas vezes ao longo dos capítulos anteriores. Neste capítulo tentaremos mostrar que essa é uma concepção plausível e filosoficamente defensável. Ela não implica nenhuma inflação ontológica e não multiplica as entidades sem necessidade, tal como prescreve a máxima de parcimônia, de Ockham. No próximo capítulo mostraremos de que maneira os modelos como entidades abstratas, como aqui retratadas, se relacionam com outros tipos de modelos.

Uma das formas pelas quais podemos compreender que os modelos científicos são estruturas abstratas consiste em compará-los com outras estruturas também abstratas. Aquelas que têm sido mais diretamente mencionadas a esse respeito, assim como fizemos nos capítulos anteriores, são os objetos matemáticos e linguísticos, isto é, números e figuras geométricas, termos e proposições, entre outras coisas abstratas. Mas as instituições também têm sido apontadas como casos típicos de entidades abstratas. A nosso ver, as instituições são a melhor opção por duas razões. A primeira, de caráter mais geral, é que muito poucos estariam dispostos a negar a existência de instituições, embora possam não saber exatamente como explicar sua forma de existência, enquanto que, por outro lado, possam tender a negar a realidade das entidades matemáticas e linguísticas para além de meros estados mentais de quem nelas pensa. A segunda, de caráter mais particular no que diz respeito a nossas discussões neste livro, é que há uma estreita relação entre as noções de modelo e de instituição, como analisaremos nos dois próximos capítulos, ao aplicarmos as ideias aqui desenvolvidas ao caso das investigações nas ciências humanas.

Frequentemente, como veremos, a maneira de explicar o que é determinada instituição consiste em apontar as formas de comportamento das pessoas ligadas a ela. Tais formas de comportamento podem estar expressas em um código, no sentido jurídico, isto é, em normas formuladas explícita e claramente. Tais normas regulam ou normatizam o comportamento dos indivíduos supostamente pertencentes à instituição em questão. Ora, os enunciados nomológicos que descrevem determinado modelo científico relatam o comportamento das partes de tal sistema. De fato, como argumentaremos neste capítulo, assim como os modelos científicos, as instituições são sistemas abstratos. E essa é uma razão pela qual as ciências humanas são, de fato, um campo mais fecundo para os modelos do que as próprias ciências naturais. Pois nas ciências humanas estamos o tempo todo lidando com instituições, de diversos tipos e de diversos níveis de generalidade ou abrangência na determinação do comportamento dos indivíduos a elas pertencentes. As ciências humanas são também um domínio no qual, muitas vezes, não temos teorias desenvolvidas no mesmo grau que há nas ciências naturais e, como enfatizam diversos autores, elas são também um domínio no qual a elaboração de modelos é uma estratégia metodológica usual.¹

Entretanto, no caso dos modelos, pode-se avançar uma interpretação mentalista ou cognitivista, segundo a qual, em última instância, os modelos existem enquanto entidades mentais, tal como afirma, entre outros, Ronald Giere (1990) em um primeiro momento, cuja concepção discutimos no capítulo 5, passando depois a uma versão externalizada de cognitivismo (em GIERE, 2006), ao reconhecer as dificuldades de uma interpretação internalista dos modelos como representações mentais. Do mesmo modo, muitos estão dispostos a adotar a mesma saída para o caso

¹ Entre esses autores que discutem os fundamentos das ciências humanas está Popper (1985b; 1985c; 2010b; 2010c), cujas ideias vamos examinar nos capítulos 9 e 10, assim como adiante, neste capítulo.

das instituições, afirmando que as normas que as representam são, na verdade, entidades mentais, como, aliás, são em geral todas as entidades abstratas para o cognitivista, inclusive entidades matemáticas e linguísticas.²

Embora haja grande adesão hoje à abordagem cognitivista, e embora ela seja tomada como uma forma eficiente de evitar o realismo platônico e, logo, a proliferação das entidades (consideradas) desnecessárias ou míticas, não nos parece que haja grande progresso no esclarecimento da natureza das entidades abstratas pela via cognitivista. Não há sucesso, por exemplo, na tentativa de Giere (2006) de interpretar as entidades abstratas como partes de sistemas cognitivos distribuídos, mas ancorando-os em modelos concretos, como vimos também no capítulo 5. Da mesma forma, como o próprio Giere reconhece, não há sucesso em identificar os modelos científicos com entidades mentais. Nesse caso, como também vimos, não só eles perdem seu caráter abstrato, mas também seu caráter objetivo, já que, em princípio, cada indivíduo poderia ter uma versão própria do modelo.

De fato, em última instância, o cognitivismo consiste em transferir o problema da forma de existência das entidades e estruturas abstratas para o da forma de existência das entidades e estruturas mentais ou *cognitivas*, como os próprios adeptos dessa abordagem preferem dizer, mesmo que alguns interpretem isso de

² Assim como há uma variedade de behaviorismos (ou *ambientalismos*, para empregarmos um termo que se aplicaria de forma mais geral a todas as ciências humanas e não apenas à psicologia), há também uma variedade de cognitivismos. Como vimos no capítulo 5 ao comentarmos a mudança de posição de Giere (2006) em relação à natureza abstrata dos modelos científicos, esse autor recorre ao cognitivismo externalizado de Hutchins (1996), baseado na ideia de cognição distribuída. Ora, nesse caso, permanecem outros elementos do cognitivismo, como a ideia de que o que a mente faz é processar informação, mas a própria noção de mente é redefinida de forma a envolver elementos do ambiente, na verdade, sendo assimilada à ideia de sistema cognitivo distribuído. Examinamos detalhadamente esse assunto em DUTRA, 2018.

maneira parcialmente externalizada, como fazem Hutchins (1996) e Giere (2006). Mas para outros cognitivistas, isso parece ainda ser um grande progresso, pois eles acreditam que é melhor lidar com a possibilidade de reduzir as entidades cognitivas, de um lado, a redes neuronais, por exemplo, e, de outro, a sistemas que vão além do corpo dos indivíduos (como no caso do sistema cognitivo distribuído, de Hutchins) do que lidar com as Formas eternas platônicas. Obviamente, hoje quase todos estão mais dispostos a aderir a alguma forma de materialismo ou fisicalismo do que a qualquer forma tradicional de mentalismo (como o dualismo cartesiano) ou então ao realismo platônico.

Nenhuma dessas opções nos parece filosoficamente razoável e defensável, nem cientificamente profícua, e por isso vamos procurar argumentar em favor de uma abordagem pragmática no entendimento da natureza das entidades abstratas. Os dois filósofos que mais nos parecem poder ajudar nessa tarefa são Gilbert Ryle (2002), de um lado, e, de outro, Karl Popper (1995; 1975). Ao primeiro já nos referimos nos capítulos anteriores, inclusive quando analisamos a distinção entre idealização e abstração. Basicamente, vamos explorar a concepção de abstração devida a Ryle, que nos parece defensável por seu caráter pragmático e metafisicamente deflacionário, sem recair em obviedades de senso comum. Mas essa será apenas uma parte da tarefa.

De Popper, por sua vez, vamos retomar a ideia de que há coisas que pertencem ao que ele denomina *Mundo 3*, isto é, entidades que não são nem físicas ou materiais (*Mundo 1*), nem mentais ou psíquicas (*Mundo 2*). A ideia de Popper que nos parece importante a esse respeito é que para ele as entidades do Mundo 3 são tão autônomas em relação a nós, que as inventamos, quanto as entidades do Mundo 1, que não inventamos. Essa noção de autonomia, uma vez bem esclarecida em termos também pragmáticos, que é o que pretendemos fazer, nos parece muito mais esclarecedora da natureza dos modelos científicos (e das instituições e en-

tidades abstratas em geral) do que a noção de autonomia dos modelos devida a Morrison e Morgan, que vimos no capítulo 6.

Ela também permite resgatar a objetividade dos modelos abstratos, tratando-os como entidades eminentemente abstratas, sem reduzi-los ou a entidades mentais ou psíquicas (o que, como vimos, Giere também deseja fazer), ou a entidades concretas, os modelos concretos com os quais, necessariamente, Giere tem de correlacionar os modelos abstratos para que eles tenham lugar nos sistemas cognitivos distribuídos – uma dificuldade que ele próprio reconheceu e que, como vimos no capítulo 5, não resolveu bem.

Contudo, mesmo querendo evitar determinadas doutrinas metafísicas, não temos como evitar uma discussão de caráter ontológico e não podemos deixar de lidar com certas noções empregadas na ontologia. Pelo menos uma discussão preliminar de determinados termos e noções é necessária, o que envolve também as noções que estão ligadas ao verbo “ser” no sentido de “existir”. Embora já tenhamos feito, na Introdução, um esclarecimento prévio a respeito do uso que fazemos aqui de termos como “entidade” e “estrutura”, é preciso retomar esse ponto. Nesse caso, o autor ao qual vamos recorrer é W. v. O. Quine.

É necessário enfatizar ainda que, embora recorramos neste capítulo às ideias de Ryle, Popper e Quine e suas análises de determinadas questões metafísicas, não desejamos nos restringir a suas visões dessas questões, nem endossar todas as suas posições a esse respeito. Eles nos servem, portanto, de inspiração para uma abordagem pragmática do problema da existência das entidades abstratas. Suas ideias são fecundas, como veremos, mas em nenhum desses filósofos encontramos todas as consequências que desejamos tirar aqui quanto à natureza dos modelos e de outras entidades abstratas.

Apesar das críticas que fizemos acima, neste capítulo, a Ronald Giere, assim como no capítulo 5, ao tratarmos de sua concepção de modelos abstratos como entidades cognitivas, a nosso ver seu realismo perspectivista (GIERE, 2006) nos permite tam-

bém uma solução para o problema da realidade das entidades sociais, como as instituições, evitando reificações injustificáveis. Embora o próprio Giere não tenha percebido essas possíveis consequências de suas ideias perspectivistas, vamos desenvolvê-las também neste capítulo, após caracterizarmos as instituições como entidades abstratas pertencentes ao Mundo 3 de que fala Popper.

8.1 Resíduos ontológicos

Alguns filósofos se notabilizaram por procurar lidar com as questões metafísicas de uma forma deflacionária e razoável, respeitando o princípio de Ockham, mas reconhecendo que não podemos levar a análise ontológica a ponto de eliminar todos os *resíduos conceituais*, digamos, legados ou pela metafísica tradicional, ou pelo senso comum. Três dos mais eminentes desses filósofos foram Hume em relação à noção de corpo, Kant em relação à noção de coisa-em-si e Quine em relação aos valores de uma variável ligada, tal como eles próprios se expressam. Em todos esses casos, era questão de eliminar as entidades indesejáveis (ou seja, filosoficamente indefensáveis – as ficções metafísicas); e, igualmente, em todos eles, temos o reconhecimento de que não podemos eliminar tudo, mesmo que o estatuto ontológico do resíduo conceitual seja impreciso e mesmo bastante vago, como, por exemplo, a noção kantiana de coisa-em-si. Hume e Kant tinham razões epistemológicas importantes para aceitar, em última instância, a existência de corpos e coisas-em-si, respectivamente, embora continuassem a afirmar que não podemos conhecer a natureza dessas coisas. A mesma ideia de *resíduo ontológico*, digamos assim, se encontra em Quine, talvez numa formulação mais elegante e metafisicamente mais palatável para a mente analítica de hoje.

Em seu famoso artigo Sobre o que há (ou On What There Is: QUINE, 1980), como sabemos, Quine está às voltas com algumas das diversas possibilidades de solução ontológica para as coisas que há, como ideias na mente, coisas materiais etc., assim

como com as doutrinas tradicionais, como realismo, conceitualismo e nominalismo. Ele está particularmente interessado nas entidades matemáticas, mas seu ponto de vista alcança generalidade na ontologia. Esse texto de Quine ficou mais conhecido pela formulação lapidária que resume sua posição em ontologia: “ser é ser o valor de uma variável” (QUINE, 1980, p. 15) e pela explicação que ele dá para isso, dizendo:

[...] uma teoria está comprometida [ontologicamente] com aquelas entidades às quais as variáveis ligadas da teoria devem ser capazes de se referir para que as afirmações feitas na teoria sejam verdadeiras (QUINE, 1980, p. 13-14).

Contudo, o mesmo texto de Quine contém outras formas de explicar o mesmo assunto, isto é, seu *critério de compromisso ontológico*, formas que, segundo ele mesmo (1980, p. 19), têm mais a ver com a tolerância e o espírito experimental, algo que deve ser característico dos cientistas em geral quando desejam resolver algum problema, embora não seja a atitude dos metafísicos tradicionais. E isso nos leva a outra passagem famosa do mesmo texto de Quine, na qual ele afirma:

Penso que nossa aceitação de uma ontologia é, em princípio, semelhante à aceitação de uma teoria científica, digamos, um sistema de física: pelo menos enquanto formos razoáveis, adotaremos o esquema conceitual mais simples no qual os fragmentos desordenados da experiência bruta possam se encaixar e ser organizados. Nossa ontologia estará determinada quando tivermos escolhido o esquema conceitual geral que deve acomodar a ciência em seu sentido mais amplo; e as considerações que determinam uma construção razoável de qualquer parte desse esquema conceitual, por exemplo, a parte biológica ou a parte física, não são diferentes do tipo de considerações que determinam uma construção razoável do todo. Em qualquer sentido que seja no qual se diz que a adoção de qualquer sistema de teoria científica é uma questão de linguagem, o mesmo – mas não

mais que isso – pode ser dito da adoção de uma ontologia (QUINE, 1980, p. 16-17).

É nesse mesmo espírito científico e razoável do qual fala Quine que desejamos que sejam tomadas nossas considerações sobre entidades abstratas em geral, entre elas os modelos científicos e as instituições. A própria expressão que Quine escolheu para o título de seu texto (*what there is* – o que há) é vaga e pragmática para, por um lado, permitir reconhecer que sempre presumimos que existe algo, mas, por outro, continuarmos a não saber exatamente qual é a natureza daquilo que há ou, numa formulação invertida, *daquilo que não podemos dizer que não há*.

Assim como Hume e Kant, que também estavam imbuídos do espírito científico mencionado por Quine, esse último reconhece que em todo discurso que descreve alguma atividade, inclusive a atividade científica, há pressupostos ontológicos, isto é, há algum compromisso ontológico com a existência de alguma coisa. Mas pressupor a existência de algo, assim como no caso dos corpos e das coisas-em-si para Hume e Kant, não significa que sejamos capazes de desvelar a natureza daquilo que há, ou *daquilo que não podemos dizer que não há*. Desse modo, o critério de compromisso ontológico de Quine fica mais bem expresso quando dizemos que ele implica que em toda forma de discurso – e, por extensão, de atividade ligada a tal discurso – falamos de determinadas coisas e, por isso, não podemos alegar que nossas palavras não se referem a algo que há. E o que há, em última instância, *existe*, mesmo que não saibamos dizer qual é sua natureza.

A forma naturalizada ou científica com a qual Quine trata o tema do compromisso ontológico também conduz ao tema da relatividade ontológica, um assunto presente no texto já citado e retomado em outro, também célebre texto: Relatividade ontológica (Ontological Relativity: QUINE, 1969), igualmente muito conhecido e discutido. A argumentação de Quine sobre a relatividade ontológica ou, mais precisamente, sobre a comparação entre

ontologias ou teorias científicas, nos conduz a outro ponto importante dessa problemática geral, que é a questão sobre a possibilidade de reduzir uma ontologia a outra. Segundo Quine (1969, p. 54s), reduzir uma ontologia a outra é o mesmo que traduzir, o que requer a adoção de uma *ontologia de fundo* e de um *manual de tradução*. Por exemplo, para reduzir a ontologia de corpos macroscópicos à ontologia de partículas da microfísica, como, aliás, é usual fazer hoje em dia, tomamos a ontologia das partículas como a ontologia de fundo e precisamos de um manual de tradução que permita coordenar eventos macroscópicos e observáveis com as propriedades das partículas e as relações entre elas. O resultado dessa redução ontológica é que, em lugar de falar de corpos, falamos de partículas – e, conseqüentemente, transferimos para esse nível o compromisso ontológico.

Se uma redução ontológica como essa (entre corpos macroscópicos e partículas microscópicas) é bem-sucedida, como presumimos no senso comum filosófico e científico de hoje que é o caso, então apenas *por cortesia* ou *comodidade* continuamos a falar que os corpos macroscópicos existem. Mas, sendo essa redução ontológica ou tradução de uma ontologia em outra uma forma de análise, ela deixa determinado resíduo, como toda análise. O resíduo ontológico que fica nesse caso é o das partículas como as coisas que há.

A noção geral de relatividade ontológica, tal como discutida por Quine, está ligada à noção de que, em princípio, qualquer ontologia pode ser reduzida a outra, desde que tenhamos os meios para fazer a tradução necessária, isto é, desde que a ontologia redutora seja claramente identificada e que o manual de tradução seja adequadamente formulado. Intuitivamente, é comum procurarmos fazer esse tipo de redução ontológica com aquelas entidades que consideramos *suspeitas*, digamos, como são consideradas em geral as entidades abstratas. E isso, em grande medida, motiva os programas de pesquisa cognitivistas e fisicalistas (ou materialistas). No primeiro caso, as entidades abstratas são candidatas a se

tornarem entidades mentais; no segundo, essas próprias entidades mentais são candidatas a se tornarem entidades neurofisiológicas.

Contudo, de um ponto de vista pragmático, o compromisso ontológico com determinadas entidades abstratas não requer necessariamente algum tipo de redução ontológica. A nosso ver, é esse justamente o caso das instituições. Não é preciso reduzir as instituições a estruturas cognitivas compartilhadas pelos indivíduos que pertencem a elas, nem, depois, se for o caso, tais estruturas cognitivas a redes neuronais. Isso só seria justificável se duas condições se cumprissem, a saber: (1) que a ontologia de coisas materiais se mostrasse a única conceitualmente defensável e (2) que nenhuma tentativa de descrever o mundo em termos de instituições e outras entidades abstratas pudesse alcançar um mínimo de coerência e razoabilidade.

Ora, ambas as teses são falsas e o restante da argumentação deste capítulo pretende contribuir para mostrar isso. Essa argumentação se baseia na associação das duas noções devidas a Quine, isto é, o que podemos denominar *princípios* de relatividade ontológica e de compromisso ontológico. Ela vai se basear também na noção de *densidade ontológica*, que apresentamos em outros textos.³ O que denominamos *critério de densidade ontológica* se destina a complementar o critério de Quine e distinguir entre os *resíduos ontológicos* da análise aqueles que são indivíduos e aqueles que são eventos.

O já mencionado caso de procurarmos reduzir a ontologia dos corpos macroscópicos à das partículas microscópicas é um exemplo ilustrativo também a esse respeito. Para a ontologia do

³ Cf. DUTRA, 2005a e DUTRA, 2020, cap. 7. Esses textos discutem, entre outros temas, a ideia de Davidson (1980, cap. 6 e 9) de que algumas vezes nos comprometemos com a existência de eventos como indivíduos, uma postura que criticamos nos textos aqui mencionados. Em parte, o ponto será comentado abaixo, uma vez que, em grande medida, trata-se de apresentar um critério razoável para distinguir entre indivíduos e eventos.

senso comum, os corpos materiais macroscópicos, como mesas, cadeiras, copos, pratos etc., são indivíduos, ou, melhor dizendo, cada um desses termos denota uma classe de indivíduos, embora também possamos encarar a própria classe a que se referem esses termos gerais como indivíduos. Mas nesse caso ela será um objeto abstrato. O que permite encarar algo como indivíduo não é óbvio e por isso um critério de densidade ontológica seria útil. Determinada mesa individual, por exemplo, é normalmente vista como um indivíduo no sentido de ser um corpo material macroscópico e contínuo. Mas a mesa pode ser dividida em partes e, em última instância, nas partículas que a compõem, segundo outra teoria ou ontologia. Quando fazemos isso, a mesa deixa de ser um indivíduo e passa a ser um evento que relaciona outros indivíduos, as diversas partículas que a compõem. Mesmo desmembrando a mesa em suas partes (tampo, pernas etc.), já alcançamos o mesmo resultado, obviamente.

O critério de densidade ontológica que propusemos se baseia na distinção entre fatos complexos e fatos simples, uma distinção em favor da qual argumenta Claude Bernard (1879), o pai da fisiologia experimental no século XIX. Para ele, os fatos complexos são *fenômenos* e podem ser reduzidos pela análise permitida pelas ferramentas intelectuais de uma ciência, em determinado momento de seu desenvolvimento histórico, a fatos mais simples, até chegar a fatos irreduzivelmente simples, que são *propriedades*. Na fisiologia experimental de seu tempo, dizia Bernard, os fenômenos vitais já podiam ser explicados em termos de propriedades físico-químicas da matéria organizada e não em termos de propriedades vitais, como defendiam os vitalistas. E para Bernard, a única propriedade irreduzível da fisiologia de seu tempo era a irritabilidade do protoplasma celular. Mas isso poderia mudar com futuros meios de análise. E, assim, em última instância, a distinção entre fatos complexos e fatos simples é relativa. Ela é relativa a nossos meios de análise em determinado momento do

desenvolvimento de um programa de pesquisa e, portanto, relativa também à teoria que o fundamenta.

Embora possamos falar das *propriedades* de um evento, essa nos parece uma forma imprecisa da linguagem comum. Segundo o critério de densidade ontológica que apresentamos, quando encontramos uma propriedade, temos um indivíduo ou uma entidade. São as propriedades de uma entidade que lhe permitem estar em determinadas relações com outras, caso em que temos então um evento. E quando então tendemos a atribuir propriedades a um evento, encarando-o como um indivíduo, como argumenta Davidson, então pode haver um problema com a forma como estamos analisando aquela situação e como estamos entendendo os termos “indivíduo” e “evento”. Ou seja, embora essa possibilidade não fosse considerada por Bernard, pode ocorrer que aquilo que estávamos tomando como evento seja um indivíduo. E, mesmo que em relação a coisas materiais isso não nos pareça muito plausível, pode ser no domínio dos acontecimentos sociais. Mas consideremos até mesmo um caso possível envolvendo coisas materiais.

Suponhamos que, de acordo com determinada concepção do mundo, já que uma mesa é formada por determinadas partes (como suas pernas e seu tampo), tais partes é que são tomadas como indivíduos, resultando então a mesa apenas como uma espécie de *evento físico* (de fato, um sistema físico, diríamos) composto daquelas partes. Ora, isso não nos ajuda em nada a compreender a função que tem a mesa, o que seria, de outro ponto de vista, aquilo que melhor a identifica – sua *natureza*, digamos. Assim, para os propósitos de uma descrição física fundamental do mundo, reduzir a mesa macroscópica às partículas pode ser explicativo, mas para os propósitos da vida social, para a qual a função da mesa entre outros objetos domésticos é o que precisa ser explicado, suas partes imediatas (pernas e tampo) e suas partes últimas (as partículas) não ajudam na explicação. Desse ponto de vista, o melhor é tomarmos a mesa como um indivíduo ou entidade

que desempenha determinadas funções em correlação com outros corpos macroscópicos.

O mesmo deve valer para as máquinas, isto é, aquelas estruturas compostas de partes materiais que apenas no todo desempenham uma função. As máquinas são sistemas para uma análise de sua estrutura e seu funcionamento interno, sendo, assim, coleções de eventos que envolvem as partes internas da máquina. Mas para uma análise da função da máquina em relação ao restante do mundo, ela é um indivíduo que, em virtude de sua funcionalidade (suas propriedades), está em determinadas relações com outras partes do mundo.

Nas ciências sociais, por sua vez, quando não estamos compreendendo determinados acontecimentos que envolvem indivíduos humanos em um contexto social, talvez a saída explicativa consista justamente em procurar identificar *indivíduos* (ou entidades sociais) localizados em uma escala social maior que aquela dos indivíduos humanos biologicamente identificados. Essa abordagem pressupõe então que possa haver *máquinas sociais*, isto é, sistemas sociais. Mas esse é um ponto que deixaremos para discutir no capítulo 10. Ora, os sistemas sociais seriam nesse caso máquinas nomológicas, como os modelos científicos em geral.

O critério de densidade ontológica se baseia também numa distinção, aquela entre dois tipos de *acontecimentos* no mundo descrito por determinada teoria. Por isso ele é um critério complementar – e não alternativo – ao de Quine. Dada uma teoria, utilizamos suas noções para predicar de duas formas, a saber, ou atribuindo uma propriedade a um indivíduo (como quando dizemos que o elétron tem carga negativa), ou estabelecendo uma relação entre dois ou mais indivíduos (como quando dizemos que duas partículas de cargas contrárias se atraem). O objetivo desse critério não é, obviamente, revelar a natureza última (ou *íntima*, digamos) das coisas, mas apresentar uma forma cientificamente razoável de encarar as entidades e sistemas contidos no mundo

descrito por determinada teoria, no espírito do comentário de Quine que vimos antes.

Assim, dados os recursos analíticos de uma teoria, aqueles acontecimentos ou situações que podem ser descritos como relações entre determinados indivíduos são *eventos* ou *fenômenos*, e aqueles acontecimentos ou situações que não podem ser assim descritos são *indivíduos* ou *entidades*. Eles são resíduos ontológicos da análise do mundo feita com os recursos da teoria em questão. Contudo, dada a relatividade ontológica apontada por Quine, isso não significa que os indivíduos e eventos dos quais uma teoria fala tenham de ser encarados assim definitivamente. De qualquer forma, num determinado momento de um programa de pesquisa, dada a compreensão que os cientistas têm de sua teoria, essa é uma forma de colocar uma ordem ontológica mínima nas coisas com as quais eles lidam, isto é, determinados indivíduos e as relações entre eles, que são eventos devidos às propriedades atribuídas àqueles indivíduos.

8.2 Platonismo, nominalismo e mentalismo

Dissemos nos capítulos anteriores que os modelos científicos são entidades abstratas, assim como instituições, objetos matemáticos e linguísticos. Devemos explicar então em que sentido filosoficamente razoável e cientificamente profícuo essas entidades abstratas são reais ou que tipo de existência é a sua, sem que isso implique multiplicar as entidades sem necessidade, ou superpovoar o mundo, ou cometer reificações indevidas e assim por diante, isto é, evitando os perigos ontológicos usuais quanto às teorias científicas, sobretudo nas ciências humanas.

Não vamos presumir a distinção entre abstrações e idealizações, tal como já comentamos em capítulos anteriores, porque nos parece que essa seria uma mera distinção terminológica, sem corresponder a uma diferença real na forma como trataríamos uma coisa e outra. A distinção não nos parece necessária para o

tipo de discussão que desejamos fazer a respeito dos modelos científicos e de outras entidades abstratas. Mas, ao contrário, parece-nos inevitável distinguir entidades *concretas* de *abstratas*. Assim como em outros casos, essa última distinção pode se basear mais diretamente no emprego dos termos ou, ao contrário, ter a ver com determinadas práticas de investigação e com as teorias nelas envolvidas.

A própria gramática comum das línguas faz a distinção, por exemplo, entre substantivos concretos e abstratos. Em geral, o que é apontado como concreto se aproxima das noções metafísicas de substância, ou entidade, ou indivíduo; e o que é apontado como abstrato se aproxima daquilo que é tomado como atributo de tais substâncias. Exemplos de coisas concretas são corpos materiais e pessoas; exemplos de coisas abstratas são algumas de suas qualidades, capacidades ou atributos, como massa, carga elétrica, vida, pensamento e honra, isto é, aquelas coisas que não poderiam existir por si mesmas, ou que não poderiam existir a não ser como atributos ou propriedades de coisas concretas, tais como os corpos e as pessoas. Essa é uma maneira bastante próxima da metafísica tradicional de colocar a questão.

Outra forma de considerar o assunto se encontra em alguns filósofos críticos da metafísica tradicional, como os já mencionados no início deste capítulo, entre eles Gilbert Ryle (2002). Nesse caso, temos as noções de abstração e de descrição *mais abstrata* de um evento ou coisa. Aquela noção comum e também filosoficamente usual antes mencionada – que tende a identificar o que é concreto com indivíduos e o que é abstrato com suas propriedades ou atributos – é uma noção não gradual. A noção de Ryle é claramente gradual. Uma descrição pode ser mais ou menos abstrata; quando comparamos duas descrições, sendo uma mais abstrata que a outra, não estamos comparando coisas que se excluam mutuamente. Elas podem ser simplesmente alternativas ou mesmo complementares em algum sentido; isso vai depender do contexto.

Ryle (2002, cap. 1) utiliza o famoso exemplo de um visitante em uma universidade, que cometeria um erro categorial se quisesse ver a própria universidade depois de ver seus prédios, pessoas, bibliotecas, laboratórios, secretarias etc., entre outros exemplos curiosos que ele procura comparar à tentativa do dualismo tradicional, de origem cartesiana, de tomar corpo e mente como duas formas de existência, duas substâncias ou o que seja. Vimos também, no capítulo 5, que essa perspectiva de Ryle é adotada igualmente por Cartwright em relação a determinadas noções *abstratas* da física. Nesse caso, uma entidade mais abstrata é apenas o que corresponde a uma descrição mais genérica ou mais geral da mesma situação. Obviamente, se alguém diz que encontrou uma pessoa na rua ao sair de casa, não está negando que encontrou determinado indivíduo humano particular que possui um nome próprio, digamos, José. Mas quando Maria diz que encontrou uma pessoa (que era José) no supermercado, isso não significa que ela não encontrou José, mas alguém mais. Outro curioso exemplo de Ryle a esse respeito é o do *Contribuinte Comum* (2002, p. 18). Se fizermos afirmações sobre o *Contribuinte Comum*, não estaremos falando de alguém que se some a José, Maria etc., mas de algo que pode ter a ver com ambos (ou não, caso eles não estejam de acordo com o referido *modelo*). O *Contribuinte Comum* é um modelo de cidadão ou de indivíduo social.

Ora, os modelos científicos são abstratos também nesse sentido e começar por entender esse aspecto é importante do ponto de vista epistemológico. Pois um modelo científico é um sistema abstrato; quando o descrevemos, de forma mais abstrata ou genérica, estamos também falando daqueles sistemas concretos com os quais o modelo pode ser correlacionado. Essa é uma forma de tomar as noções abstratas de maneira ontologicamente deflacionária, sem dúvida. Ela é pertinente para todas as entidades abstratas das quais desejamos tratar, não apenas os modelos, mas também as instituições, além de objetos matemáticos e linguísticos. Mas essas entidades não são abstratas apenas nesse sen-

tido, ainda que esse seja um sentido bastante razoável e de caráter pragmático, não metafísico.

Segundo essa perspectiva, em última instância, *concreto* e *abstrato* seriam noções relativas e graduais. O que é concreto é apenas o *menos* abstrato de determinado ponto de vista; inversamente, o que é abstrato é apenas o *menos* concreto de determinado ponto de vista. Mas, por outro lado, dada uma teoria, podemos distinguir concreto e abstrato de uma forma mais definida, ainda que só tenhamos então transferido a relatividade nesse caso para aquela entre diferentes ontologias.

A posição de Ryle é filosoficamente interessante porque parece permitir evitar doutrinas metafísicas sempre complicadas, como o realismo platônico, ou o nominalismo, ou o mentalismo (cognitivismo). Não adotando a posição de Ryle, podemos ter a impressão de que deveríamos então optar por uma dessas alternativas necessariamente e pagar o preço que cada uma impõe. Se uma abstração não correspondesse apenas a uma forma mais genérica de falar, então, em primeira opção, teríamos a possibilidade de destituir alguns dos termos utilizados de qualquer significação empírica, como seria o caso do ponto de vista do nominalismo. Desse modo, teríamos palavras (e talvez as noções), mas não coisas no mundo (pelo menos, no mundo extramental), coisas com as quais pudéssemos associar as palavras. Embora isso não pareça pertinente para palavras como, por exemplo, “universidade”, para retomarmos o exemplo de Ryle, parece para aquelas que denotam a natureza de determinados atributos de indivíduos, como os universais. Assim, por exemplo, haveria sentido em dizer que a neve é branca, e, assim como “neve”, “branca” também teria significação empírica; mas não “brancura”.

A necessidade de garantir a significação de termos como “brancura”, ou “humanidade”, ou “Bem” etc., à primeira vista, pode não ser importante, porque sempre tomamos uma posição como o realismo platônico como um exagero metafísico. Mas pode haver contextos científicos de pesquisa nos quais o proble-

ma possa surgir de forma inevitável e crucial, como, por exemplo, foi para Bertrand Russell com relação aos fundamentos da matemática. Assim, há casos nos quais o platonismo parece uma consequência tão iminente que levaria os pesquisadores envolvidos na problemática a procurar alternativas metafisicamente menos onerosas, tal como Quine (1980, p. 14s) comenta justamente. As antigas doutrinas do realismo, do conceitualismo e do nominalismo são retomadas, segundo ele, nas perspectivas contemporâneas do logicismo, do intuicionismo e do formalismo. A questão é sempre, como enfatiza Quine, a dependência ou independência que as entidades abstratas teriam em relação à mente.

O cognitivismo, como vimos no capítulo 5, com a posição de Giere, é uma saída para o mesmo problema, alinhando-se então com o conceitualismo medieval e com o intuicionismo na filosofia da matemática. Se um dos pontos cruciais da discussão para os realistas é que, aparentemente, as entidades abstratas são *independentes* de nossa vontade, para os mentalistas dos diversos tipos, entre eles os cognitivistas atuais, o aspecto mais importante, alegam eles, é que, de fato, nós é que *inventamos* essas entidades. Assim, elas não podem existir de outro modo a não ser como entidades ou estruturas mentais, ou *cognitivas*, como se diz hoje.

A nosso ver, o que ocorre é que ambas as posições estão parcialmente corretas. Pois não é razoável (pelo menos para a mente científica de hoje) encarar as entidades abstratas a não ser como invenções, construções ou elaborações nossas; e, por outro lado, também não é razoável pensar que, para serem o que são, elas possam depender de nossa vontade, ou de nosso arbítrio, ou de nossas idiossincrasias. Se elas não são apenas noções que correspondem a uma forma de linguagem mais genérica – o que elas também são –, então é preciso que procuremos conciliar os dois aspectos mencionados, isto é, o fato de que as entidades abstratas são nossas invenções com aquele de que elas são independentes de nós. E isso pode ser feito recorrendo à noção de *entidade do*

Mundo 3, devida a Popper, como já mencionamos, o que requer uma análise mais detalhada, que faremos na próxima seção.

Voltemos ainda um instante, contudo, às *teses* mencionadas na seção anterior, isto é, dadas as dificuldades metafísicas apontadas: que (1) a ontologia de corpos materiais seria a única defensável e que (2) uma descrição do mundo em termos de entidades abstratas não poderia se sustentar, não sendo nem coerente, nem razoável. Pode-se argumentar que uma das formas pelas quais sabemos que essa alternativa não se sustentaria é porque ela não seria capaz de evitar o platonismo, o nominalismo e o mentalismo.

Essas teses correspondem a formas mais ou menos robustas de materialismo ou fisicalismo, caso tomemos apenas (1), ou também (2), juntamente com a primeira. Na filosofia da mente, formas de materialismo ou fisicalismo têm sido apontadas como a solução final para o problema das entidades mentais. Se as entidades abstratas forem, portanto, entidades mentais, como querem os cognitivistas, sua posição também estará ameaçada por essa outra possibilidade. Pois, desse ponto de vista, as estruturas cognitivas não seriam nada mais que, por exemplo, redes neuronais (ou algo neurofisiologicamente equivalente ou similar). A disputa entre os materialistas e aqueles que, segundo eles, inflacionam o mundo ontologicamente também é milenar, como aquela entre as outras doutrinas mencionadas. Mas há, como dissemos, formas mais (ou menos) robustas de materialismo; e mesmo os termos “materialismo” e “fisicalismo”, por vezes tomados como sinônimos, se referem a posições diferentes, estritamente falando.

“Materialismo” tem uma conotação em geral mais ontológica, dizendo respeito à doutrina de que tudo o que há no mundo é matéria, não havendo mentes, nem entidades abstratas, por exemplo. Uma posição metafísica como essa é compatível também com a perspectiva de Ryle. Pois podemos ter o mesmo mundo material descrito de diferentes maneiras. Trata-se, metafisicamente falando, de uma ontologia monista, que também foi abra-

çada de bom grado por diversos filósofos contemporâneos, como Russell e Davidson. Esse último, por exemplo, ao defender seu *monismo anômalo*, também admite formas diferentes de relatar os mesmos acontecimentos (uma forma física e uma intencional), acontecimentos que só têm lugar graças à natureza sempre material do mundo (DAVIDSON, 1980, cap. 11-13). A diferença básica entre um relato físico e um relato intencional é que o primeiro pode ser nomológico, o segundo não. Assim, há leis que dirigem os fenômenos (descritos como) *físicos*, mas não há leis que dirigem os fenômenos (descritos como) *mentais*.

Essa doutrina de Davidson nos conduz ao outro aspecto da questão, pois “fiscalismo” tem em geral uma conotação mais científica e, muitas vezes, está associado à existência de leis. Assim, uma posição *fiscalista* seria aquela para a qual as leis que dirigem quaisquer fenômenos no mundo são leis físicas ou, mais exatamente, leis da física. A posição de Davidson é, afinal, uma forma de fiscalismo. O caráter *anômalo* ou, mais exatamente, não nomológico, dos eventos mentais se deve apenas à forma como eles são descritos, e não à natureza dos próprios eventos. Mas, como uma descrição mentalista (isto é, intencional) também é possível para determinados acontecimentos, então eles são retratados como eventos mentais ou intencionais e, nesse caso, são eventos não nomológicos, já que não podemos apontar leis não físicas genuinamente causais (isto é, leis psicofísicas, diz Davidson) que estariam dirigindo esses eventos.

Contudo, a posição de Davidson, assim como de outros fiscalistas, é dogmática. Eles pressupõem (com ou sem boas razões) que não há leis outras que as da física, isto é, apenas leis que descrevam sucessões de estados de sistemas compostos de corpos materiais. Mas a questão de haver ou não leis científicas ligadas a outras disciplinas, em especial às ciências humanas (como leis psicológicas, econômicas etc.), é uma questão factual e inteiramente contingente. Ela depende da capacidade dos programas de pesquisa dessas áreas de encontrar os enunciados nomológicos ade-

quadros para descrever o funcionamento de determinados sistemas que, assim, serão descritos como sistemas não físicos. E apenas os fisicalistas *de princípio*, como Davidson, pensam o contrário. Mas seu princípio é o ponto de partida e não o ponto de chegada de suas discussões. Entende-se seu desejo de evitar ou o realismo platônico, ou o dualismo cartesiano, mas não se entende a alegação implícita de que a sua seja a única forma de fazer isso.

Segundo essa última forma de entender as questões ontológicas, o que é concreto tende a ser assimilado ao que é material e o que é abstrato tende a ser assimilado às meras formas alternativas de descrever os mesmos acontecimentos que envolvem coisas materiais. Essa forma de entender a distinção se aproxima, mais uma vez, daquela da metafísica tradicional e não resiste a uma análise ontológica como aquela proposta por Quine, por exemplo. Esse tipo de *materialismo fisicalista*, digamos assim, só se sustentaria por tomar a ontologia dos corpos materiais como inatacável – o que, segundo Quine, só é pertinente no dia a dia e nos momentos de crise ontológica, momentos nos quais não sabemos que teoria adotar. Mas, em última instância, qualquer que seja a teoria adotada, ela não tem qualquer privilégio e não escapa à relatividade ontológica.

Contudo, isso não impede que internamente cada teoria faça a distinção entre o que é concreto e o que é abstrato. Também não impede que, do ponto de vista pragmático, a distinção se sustente. Para isso, é preciso haver um critério razoável, obviamente. Nesse caso, o critério pode apontar o que é concreto como aquilo que pode ser localizado no espaço e no tempo, e o abstrato como aquilo que, mesmo sendo real (porque é autônomo), não pode ser localizado no espaço e no tempo – pelo menos não necessariamente.

Esse não é um critério *físico*, inclusive porque não apenas do ponto de vista filosófico, mas também do ponto de vista da física de hoje, as noções de espaço e de tempo podem ser problematizadas. Ou seja, em nenhum dos casos estaríamos lidando com

as noções comuns de tempo e de espaço. Isso é verdade, mas não impede que um critério meramente pragmático e *pro tempore* aponte entidades, estruturas e sistemas *concretos* como aqueles dados no espaço e no tempo, desde que, do mesmo ponto de vista pragmático, possamos apontar outras entidades, estruturas e sistemas que não são dados no tempo e no espaço, mas que nem por isso arriscaríamos dizer que não existem. Assim, pragmaticamente, estamos comprometidos com sua existência, mas não com uma existência no tempo e no espaço. Isso não impede que algumas entidades abstratas existam *por certo tempo*. Por exemplo, determinadas instituições, sendo inventadas por nós, começam a existir em determinada data e, se forem extintas, deixarão de existir em outra data. Mas nem por isso uma instituição é algo que possa existir no espaço e no tempo no sentido acima apontado. Todavia, entidades também abstratas como modelos científicos, objetos matemáticos e linguísticos, embora comecem a existir quando são inventados, não deixam de existir enquanto alguém deles se ocupar. Mas a dependência em relação a alguém que deles se ocupe não os torna entidades mentais. Esse é o ponto central da argumentação de Popper em relação às entidades do Mundo 3.

8.3 Entidades do Mundo 3

Karl Popper defende o que ele denomina uma *filosofia pluralista*, para a qual há três mundos distintos: o físico, o mental e o *mundo dos inteligíveis*. Segundo ele, ao falar do mundo das Formas eternas, de fato, Platão fez uma descoberta – que, contudo, ele não formulou de uma maneira aceitável –, a descoberta da autonomia do mundo dos inteligíveis. Popper caracteriza os três mundos de que ele fala da seguinte maneira:

Nessa filosofia pluralista, o mundo consiste em pelo menos três submundos ontologicamente distintos; ou, como prefiro dizer, há três mundos: o primeiro é o mundo físico ou o mundo dos

estados físicos; o segundo é o mundo mental ou o mundo dos estados mentais; e o terceiro é o mundo dos inteligíveis ou das *ideias no sentido objetivo*; ele é o mundo de objetos possíveis de pensamento, o mundo das teorias em si mesmas e suas relações lógicas, dos argumentos em si mesmos e das situações-problema em si mesmas (POPPER, 1995, p. 154; itálicos no original).

Segundo Popper (1995, p. 156s), teorias, proposições ou enunciados são as entidades linguísticas mais importantes do Mundo 3. Mas, é claro, todos os elementos da cultura ou *objetos culturais*, na medida em que são produzidos por nós, são também entidades do Mundo 3. Contudo, mesmo sendo por nós inventadas, essas entidades do Mundo 3 são autônomas. Assim, do ponto de vista de Popper, há duas questões que precisam ser tratadas em associação uma com a outra: por que as entidades do Mundo 3 são autônomas? E de que maneira elas dependem das entidades do Mundo 2, isto é, as entidades mentais? De fato, o Mundo 2 faz a mediação entre o Mundo 1 e o Mundo 3, diz Popper.⁴

O Mundo 3 não é uma ficção, mas tem de ser aceito como uma realidade, diz Popper, porque é autônomo. Embora o Mundo 3 não existisse antes que os homens o inventassem, sendo assim um mundo de objetos inventados por nós, esses objetos adquiriram autonomia, implicando aspectos dos quais seus inventores

⁴ Embora Popper fale na citação acima de *estados físicos* e mentais, e não propriamente de *entidades* ou *coisas*, não nos parece haver problema em falarmos dessa última forma, uma vez que o discurso sobre estados físicos e mentais pode ser traduzido naquele sobre entidades (ou sistemas, ou estruturas) físicas e mentais. O uso do termo “estado” (em vez de “entidade”) sugere uma referência às leis que descrevem tais estados. Mas, obviamente, eles são estados de determinados *sistemas* (cf. nossos comentários acima sobre o uso desses diversos termos). Por outro lado, Popper não utiliza a mesma forma de falar com relação aos *inteligíveis*. Todavia, de nossa parte, dadas as observações que fizemos, falaremos sempre de entidades, estruturas, coisas ou sistemas nos três casos, isto é, quanto às realidades físicas, mentais e abstratas.

não se deram conta, nem poderiam prever. Por isso é preciso aprender também sobre as propriedades das entidades do Mundo 3. Popper diz:

Sugiro que é possível aceitar a realidade (ou, como se pode dizer,) a autonomia do terceiro mundo e, ao mesmo tempo, admitir que ele tem origem como produto da atividade humana. Pode-se mesmo admitir que o terceiro mundo é feito pelo homem e, em um sentido muito claro, ser ao mesmo tempo sobre-humano. Ele transcende seus criadores (POPPER, 1995, p. 159; itálicos no original).

Por outro lado, o que sabemos do Mundo 3 implica também modificações no Mundo 1; e por isso o mundo dos estados mentais faz a mediação entre os dois outros mundos (POPPER, 1995, p. 153s). Pois há uma relação entre os Mundos 3 e 1 que só pode ser feita pela intermediação do Mundo 2. E isso não tem nenhuma característica misteriosa, mas pode ser explicado também de forma objetiva. Popper insiste na noção de objetividade das entidades do Mundo 3, o que decorre de sua autonomia, isto é, do fato de que elas não mudam de acordo com nossa vontade. Assim, quando falamos das propriedades dessas entidades, falamos de questões de fato e as afirmações sobre elas podem ser verdadeiras ou falsas no mesmo sentido em que podem ser verdadeiras ou falsas nossas afirmações sobre o Mundo 1. Podemos agir sobre as entidades abstratas assim compreendidas, mas nossa ação requer determinados meios e esses envolvem sempre, em maior ou menor grau, mas igualmente, entidades dos outros dois mundos a que Popper se refere.

A nosso ver, podemos prosseguir na mesma linha de argumentação de Popper e, de fato, estender sua análise, chamando a atenção para outros aspectos. As entidades do Mundo 3 de que Popper fala são também apontadas por outros como *objetos culturais*. Esse é o caso, por exemplo, de Rudolf Carnap (2003, parte IV, cap. C, p. 230s), embora num tipo de abordagem bastante di-

ferente daquela de Popper.⁵ E também Carnap, a seu modo, relaciona os objetos culturais com aqueles objetos que ele denomina *físicos* e com aqueles que ele denomina *heteropsicológicos*. Segundo Carnap, os objetos culturais devem ser construídos ao mesmo tempo a partir de objetos físicos e de objetos heteropsicológicos. Um objeto cultural é, por exemplo, uma obra de arte, que só existe enquanto expressão do artista (objeto heteropsicológico) e, ao mesmo tempo, enquanto possui um suporte material (objeto físico). Se uma dessas condições não é satisfeita, não temos o objeto cultural, mas apenas objetos que são de um ou outro dos demais tipos.

A noção de objeto cultural carnapiana nos permite generalizar a de entidade do Mundo 3 popperiana. Quando discutimos, por exemplo, os diversos objetos culturais (como os valores, a arte, a ciência e tudo mais que constitui a cultura de um grupo humano), lidamos com entidades abstratas e autônomas; isso é possível porque nelas pensamos e sobre elas nos comunicamos, o que também envolve eventos mentais e físicos, ou seja, envolve lidarmos com objetos psicológicos e físicos.

Tomemos o caso dos valores. Em registro ryliano, diríamos que, de fato, quando falamos dos valores de uma comunidade, estamos falando de modo mais abstrato de formas do comportamento das pessoas que a ela pertencem, o que é verdade. E por isso mesmo Carnap dizia que os objetos culturais devem poder ser

⁵ Cf. a este respeito DUTRA, 2020, cap. 6, onde discutimos a posição de Carnap. De fato, não pretendemos aqui endossar nem a posição de Popper, nem a de Carnap, mas apenas aproveitar a forma como um e outro apresentam as entidades abstratas, para, de nossa parte, apresentarmos uma caracterização mais abrangente delas. De qualquer forma, a abordagem de Popper é mais interessante para nossos propósitos aqui, uma vez que possui um viés claramente ontológico, o que não é o caso daquela de Carnap. Em outras palavras, Popper pretende estar falando do mundo real, enquanto que Carnap entende estar falando do que é real *dentro* de determinado sistema de construção lógica de objetos.

reduzidos (parcialmente) a objetos heteropsicológicos. Mas estamos falando de coisas que foram elaboradas pelos indivíduos em colaboração e sobre as quais nossa interferência tem de respeitar determinados limites e requer mediações. Embora tenhamos de mudar o comportamento das pessoas de uma comunidade para sabermos se realmente mudamos seus valores e embora, nesse caso, as formas de comportamento sejam, por assim dizer, as condições mais concretas da existência daquelas coisas mais abstratas que são os valores, ao falarmos de uma coisa e de outra, estamos falando não só de coisas que se situam em diferentes níveis de abstração, mas também de coisas que são autônomas, nesse caso, os próprios valores enquanto objetos ou entidades culturais.

Um primeiro teste da autonomia de qualquer uma dessas entidades abstratas consiste em averiguar se podemos modificá-las segundo nossa simples vontade. A primeira das limitações e condições para nossa interferência no mundo das entidades abstratas é que temos primeiro que aprender como elas são e como funcionam; depois temos de conhecer as formas eficazes de agir sobre elas. E embora essas formas de ação sempre requeiram também condições materiais ou físicas, não estamos lidando apenas com entidades desses tipos, mas, através delas, com entidades abstratas.

Popper e Carnap, cada um deles a seu modo, estão preocupados em relacionar os objetos culturais com objetos físicos e psicológicos. Mas estamos querendo aqui fazer uma caracterização dos objetos culturais ou entidades abstratas por si mesmos. As relações com os outros tipos de entidades, obviamente, ajudam, mas precisam ser mais bem explicadas. A nosso ver, as entidades abstratas não são apenas *autônomas*, tal como estivemos comentando acima, mas elas também possuem duas outras características importantes, que são sua *institucionalidade* e sua *normatividade*.

Talvez a melhor maneira pela qual possamos explicar em que sentido as entidades abstratas são autônomas seja dizer que todas elas *tendem a ser instituições* para seus criadores. E talvez o

melhor exemplo disso seja uma língua natural. Os usuários de uma língua modificam coletiva e inadvertidamente a língua o tempo todo, semântica e também sintaticamente. Eles modificam aquilo que foi criado por falantes do passado, mas que determina não apenas a fala dos falantes atuais, mas também a dos futuros falantes da língua. E assim como modificamos a língua ao utilizá-la, mesmo sem querer, podemos tentar modificá-la deliberadamente. E então encontraremos uma série de obstáculos, alguns dos quais, para determinadas finalidades, podem ser superados, outros não. Ora, a língua como instituição, assim como outras formas de instituição, possui o poder *normativo* sobre seus usuários.

Quanto maior o grau de *institucionalidade* de uma entidade abstrata, mais informação precisamos a seu respeito e a respeito dos meios para modificá-la se quisermos fazer isso. Uma língua natural é uma entidade abstrata altamente institucionalizada, assim como são os valores de uma comunidade. E, embora possam ser muito diferentes as formas por meio das quais podemos agir sobre uma ou outras dessas coisas, em todos os casos, estamos lidando com entidades abstratas mas reais, isto é, autônomas.

Outro teste da autonomia dessas entidades é seu poder normativo sobre aqueles que com elas lidam ou delas se valem. Embora, a longo prazo e coletivamente, os falantes de uma língua a construam e modifiquem, as regras da língua são norma para esses falantes. E o mesmo se dá com os valores de uma comunidade. Embora sejam elaborados e possam ser modificados coletivamente pelos membros da comunidade, eles são norma para cada membro individual da comunidade.

De fato, o tipo mais característico de entidades abstratas, como já sugerimos, são as instituições dos diversos tipos – sendo o termo “instituição” tomado no sentido social. São instituições típicas os Estados nacionais, as cidades, as universidades, associações de quaisquer tipos, como clubes, sindicatos, partidos políticos etc. Todas essas coisas são criações nossas e todas elas são independentes de nossa vontade e podem apresentar aspectos que

transcendem aquilo que poderia ser antecipado por seus criadores. Toda a vida social, basicamente, consiste em lidar de diversas formas possíveis com instituições. E o problema mais geral das ciências humanas é compreender como as instituições funcionam; e, de uma parte dessas ciências, é também o problema de encontrar os meios pelos quais podemos agir sobre as instituições.

As entidades abstratas como essas – aquelas que não se reduzem a estados físicos ou a estados mentais – são reais no sentido de serem autônomas, institucionais e normativas. Entre elas estão também as teorias científicas, os objetos da matemática e os modelos científicos. Isto é, trata-se de todas aquelas entidades que possuem algum grau de institucionalidade e normatividade.

No caso dessas entidades abstratas que são objetos científicos (como teorias e modelos), é talvez mais difícil percebermos à primeira vista seu caráter institucional e normativo. Mas enquanto objetos culturais e autônomos, como as instituições em geral, as teorias e os modelos não são menos institucionais e normativos, o que quer dizer, assim como nos demais casos, que eles são objetos ou entidades criados coletivamente, que adquirem autonomia, que nos dão ocasião de fazer descobertas, pois possuem propriedades, dimensões e consequências que não são óbvias para seus criadores e, por fim, que determinam ou normatizam o comportamento daqueles que com eles lidam, nesse caso, os cientistas.

Essa dimensão normativa dos modelos científicos especificamente, que será objeto de nossas análises no próximo capítulo no que diz respeito à prática científica, pode ser conhecida também pelo fato de que os modelos científicos são projetos de máquinas nomológicas. Como todo projeto, um modelo é um guia normativo para a construção do sistema concreto que ele antecipa. E, assim, é norma para o comportamento daqueles que, ou por experimentos, ou por simulações, ou por aplicações tecnológicas, desejam fazer uso do modelo, como discutimos no capítulo anterior.

8.4 A realidade perspectivista das instituições

Dissemos no capítulo 5 que, apesar das críticas feitas a Ronald Giere, críticas que retomamos no início deste capítulo, o realismo perspectivista defendido por esse autor em seu livro *Scientific Perspectivism* (GIERE, 2006) nos parece possuir elementos conceituais que permitem uma adequada interpretação das entidades abstratas de forma a evitar tanto o platonismo quanto o cognitivismo – uma saída para o problema que o próprio Giere não viu, mas que podemos ver depois de considerarmos as entidades abstratas como entidades do Mundo 3, como defende Popper. Nesta seção, complementando o que dissemos na anterior, vamos discutir o tipo de *realidade* das instituições. Na medida em que as demais entidades abstratas também são objetos culturais, como vimos, o mesmo tipo de realidade das instituições se estende a elas. Mesmo sendo reais *apenas de nossa perspectiva humana*, as instituições não deixam de ser *reais num sentido plenamente objetivo*, como já enfatizamos na discussão da seção anterior.

Giere apresenta seu perspectivismo a respeito de teorias, modelos e observações como uma alternativa tanto ao construtivismo quanto ao que ele denomina realismo objetivista. Segundo ele, essa última forma de encarar a ciência se desenvolve a partir do realismo de senso comum e envolve as teses de que a ciência descobre verdades permanentes sobre o mundo, de que tais verdades se expressam na forma de leis e de que, à medida que a ciência aumenta seu escopo e sua acuidade, ela progride cumulativamente em direção à verdade. Segundo o autor, tal concepção se encontra na forma de se expressar de cientistas famosos, como o prêmio Nobel Steven Weinberg, e coincide com o que Hilary Putnam denomina *realismo metafísico* (GIERE, 2006, p. 4). Mas, evitando esse tipo de realismo, diz Giere, ele não pretende cair no extremo oposto, que seria o construtivismo, isto é, o conjunto de posições para as quais os fatos científicos são algum tipo de construção social, como, por exemplo, a doutrina desenvolvida pela

escola de Edimburgo (com David Bloor, por exemplo) ou então a doutrina de Bruno Latour, para citar apenas os mais conhecidos e discutidos na literatura atual sobre o tema.⁶

Giere começa sua discussão apresentando os resultados alcançados pela ciência dedicada ao estudo da visão das cores e, em analogia com isso, elabora seu perspectivismo com relação à observação em geral e aos aspectos teóricos de mais alto nível da atividade científica, como os princípios e os modelos. Ele afirma então:

Vou tentar mostrar que os grandes princípios que os objetivistas citam como leis universais da natureza são mais bem entendidos como algo que define modelos altamente generalizados que caracterizam uma perspectiva teórica. Assim, as leis de Newton caracterizam a perspectiva da mecânica clássica; as leis de Maxwell caracterizam a perspectiva da eletromagnética clássica; a equação de Schrödinger caracteriza a perspectiva da mecânica quântica; os princípios da seleção natural caracterizam uma perspectiva evolutiva e assim por diante. De acordo com essa abordagem, os próprios princípios gerais não fazem afirmações sobre o mundo, mas *modelos* mais específicos, construídos de acordo com esses princípios, podem ser utilizados para fazer afirmações sobre aspectos específicos do mundo. E essas afirmações podem ser testadas em contraste com diversas perspectivas instrumentais. Entretanto, todas as afirmações teóricas permanecem perspectivistas (*perspectival*) por se aplicarem apenas a alguns aspectos do mundo, e nunca com precisão completa (GIERE, 2006, p. 14.15; itálico no original).

⁶ Giere cita PUTNAM, 1981, p. 49, e WEINBERG, 2001, p. 123 e 126. O mencionado realismo objetivista, aparentemente, possui alguns dos elementos fundamentais do realismo científico defendido por Richard Boyd (1984) e criticado por Bas van Fraassen (1980; 2007). Cf. também DUTRA, 2017a, cap. 4, para uma discussão geral sobre a polêmica em torno do realismo científico. Giere não cita WEINBERG, 1994, mas nessa obra também está patente o realismo desse autor.

Na verdade, Giere presume juntamente com os construtivistas que sempre vemos o mundo de alguma perspectiva e que seus efeitos não são elimináveis. Mas nem por isso podemos dizer que algumas coisas que vemos apenas de nossa perspectiva não são reais. O caso da visão das cores dos corpos é certamente ilustrativo. Para o perspectivismo, embora vejamos as cores de acordo com nossa capacidade perceptiva e a interação entre nossos órgãos perceptivos e a luz refletida nos corpos e embora outras criaturas (humanas ou não) possam ver cores diferentes e até completamente diferentes das que vemos, as cores que vemos são reais. Vejamos como essa alegação pode se tornar aceitável, tal como já na época moderna diversos autores se deram conta. Já que as cores (assim como outras das então chamadas *propriedades secundárias* dos corpos) não podem ser atribuídas a eles, estritamente falando, então elas não seriam reais. O raciocínio é que, para serem reais, as cores deveriam ser propriedades de alguma coisa; e, obviamente, elas teriam de ser propriedades dos corpos (vistos como coloridos) e não de quem os vê.

De fato, isso é uma simplificação que não tem em conta os resultados do estudo científico da visão das cores, argumenta Giere (2006, cap. 2). As cores que a maior parte dos seres humanos veem e que constituem a *visão normal de cores*, digamos, de nossa espécie são formadas a partir de três cores básicas: azul, verde e amarelo. Assim, os humanos normais ou que constituem a maioria dos indivíduos da espécie são *tricromatas*. Alguns daltônicos⁷ são *dicromatas* (os que não distinguem vermelho de verde), havendo também, com mais raridade, *monocromatas*, *acromatas* (que veem apenas tons de cinza, branco e preto) e *tetracromatas* (GIERE, 2006, p. 28s). Com os conhecimentos que há hoje sobre o assunto (e Giere cita diversas obras científicas desse campo), para os tri-

⁷ Na verdade, há três tipos de daltonismo ou discromatopsias: monocromacias, dicromacias e tricromacias anômalas, isto é, a visão anormal de tricromatas.

cromatas, podemos simular as visões di, mono e acromáticas; mas não podemos, aparentemente, simular a visão tetracromática. Ora, esses cromatismos são determinados pelos três tipos de células na retina (cones) que são sensíveis a diferentes comprimentos de onda do espectro luminoso e sabe-se que essas são características hereditárias.

Assim caracterizada a capacidade visual humana, percebemos que a visão de cores que temos depende também de dois outros fatores. O primeiro é o tipo de luz que incide sobre nossos olhos, isto é, os diferentes comprimentos de onda que nossa retina pode captar. É assim que, facilmente, por exemplo, utilizando luzes polarizadas podemos modificar a aparência de cor dos corpos que vemos. Mas, além disso, obviamente, as cores que vemos também dependem da capacidade da superfície desses corpos de refletir determinados comprimentos de onda do espectro luminoso, de forma que, em resumo, a visão de cores é resultado dessa interação envolvendo dois elementos ambientais (a superfície dos corpos e a luz incidente e refletida) e nossa capacidade visual – o que Giere denomina *interacionismo* das cores. E é com base nisso que ele elabora seu perspectivismo com respeito às cores. Ele diz:

A concepção que prefiro, *o perspectivismo a respeito de cores*, é uma versão assimétrica do interacionismo a respeito de cores. Prefiro a versão assimétrica porque quero enfatizar o lado humano da interação. Quero dizer que o humano típico experimenta o mundo de uma perspectiva que envolve cores. Nós humanos possuímos uma perspectiva particularmente humana sobre o mundo. O mundo não possui nenhuma perspectiva particular sobre nós. Ele não se importa conosco (GIERE, 2006, p. 32; *itálicos no original*).

Assim, dada a natureza de nossa visão tricromática, os seres humanos podem alcançar um amplo e seguro acordo intersubjetivo sobre as cores dos corpos, o que afasta qualquer possibili-

dade de relativismo e garante a objetividade de nossos juízos perceptivos sobre as cores, afirma então Giere (2006, p. 33-34).

Ora, por um lado, essa posição não é inatacável, uma vez que ela depende dos resultados da ciência sobre a visão das cores (na qual, aliás, também há divergências de interpretação que Giere não procura esconder) e uma vez também que o que ela alcança é definir a objetividade e, logo, a realidade das cores como resultado de um amplo acordo intersubjetivo dentro da comunidade epistêmica considerada. Contudo, por outro lado, como os indivíduos dessa comunidade não podem possuir outra perspectiva, o que é resultado de seus amplos e confiáveis acordos intersubjetivos não pode ser desconsiderado e, nesse sentido, tem de ser aceito como real – embora apenas de sua perspectiva.

Giere generaliza então sua posição, passando do perspectivismo sobre a visão das cores para o perspectivismo a respeito da observação em geral (GIERE, 2006, cap. 3) e para o perspectivismo sobre os aspectos teóricos da atividade científica (2006, cap. 4 e 5). No caso do aspecto teórico e da relação entre teoria e observação, entra em cena também o cognitivismo esposado por Giere e a concepção já mencionada no capítulo 5, acima, dos sistemas cognitivos distribuídos.

Essa estratégia, como sabemos, não é nova na filosofia do conhecimento humano, e ecoa o tipo de realismo fenomênico que encontramos em Kant, por exemplo. Em última instância, tal como vimos antes neste capítulo, do ponto de vista ontológico essa concepção implica determinados *resíduos*. Ou seja, já que não podemos eliminar a perspectiva que possuímos e não podemos modificá-la, o que ela nos oferece é real. Mas é real apenas de nossa perspectiva, já que apenas dela é possível reconhecer aquilo que ela nos oferece.

A maneira como essas ideias se aplicam particularmente bem ao caso de uma concepção realista das instituições e dos objetos culturais em geral vai além do que Giere pretende em seu livro – e, provavelmente, do que ele imagina, uma vez que ele não

se ocupa do tema das instituições e entidades sociais em geral. Mas é o que queremos desenvolver no restante desta seção. O perspectivismo se aplica diretamente ao caso das instituições porque apenas os indivíduos da comunidade humana – seres para os quais existem certas instituições e que têm seu comportamento determinado por elas – podem reconhecê-las como reais. Seres, por exemplo, que não compartilham conosco a mesma forma de linguagem verbal não podem sequer se dar conta de nossas instituições e, portanto, não podem reconhecê-las como reais.

Contudo, dada a forma como a sociedade humana em geral se constitui, as instituições e todas as entidades do Mundo 3 ou objetos culturais são tão reais quanto os indivíduos que delas participam. Elas são reais apenas de sua perspectiva humana, mas de uma forma não eliminável. Essas entidades são tão reais quanto as entidades dos Mundos 1 e 2.

Essa forma de perspectivismo se aplica também a um dos problemas clássicos da filosofia das ciências humanas, a saber, a relação exata que se deve estabelecer entre os indivíduos que participam de uma coletividade e a própria coletividade enquanto instituição – e desse problema Popper se ocupou também em um de seus famosos textos (*A autonomia da sociologia*; POPPER, 2010b, 1985b).⁸ Embora sendo um crítico do marxismo por considerá-lo um dos inimigos da sociedade aberta, no referido texto, Popper diz concordar com Marx que a coletividade deve vir primeiro na compreensão dos eventos sociais. Popper se alinha então com Marx para combater o que ele denomina *psicologismo* na sociologia, isto é, a ideia de que a sociedade resulta da interação das mentes e que os fatores sociais são, em última instância, redutíveis aos fatores psicológicos (POPPER, 2010b, p. 338). A concep-

⁸ Texto originalmente publicado como o capítulo 14 de *A sociedade aberta e seus inimigos*, volume 2 (POPPER, 1971b), dedicado a suas críticas a Hegel e Marx, sendo o volume 1 (POPPER, 1971a) dedicado a suas críticas a Platão.

ção oposta, defendida por Popper, se denomina justamente *institucionalismo*. Voltaremos a discutir esse texto de Popper no capítulo 10, a respeito do que ele apresenta ali como *lógica situacional*, que permite caracterizar o comportamento racional de forma não psicologista.

Assim, de um ponto de vista perspectivista, podemos dizer que as instituições só existem na medida em que os seres humanos interagem por meio da linguagem verbal. Uma instituição só pode existir como uma *instituição reconhecida*. Sem o reconhecimento dos indivíduos ela não é instituição alguma. Por isso mesmo que, por exemplo, quando um país proclama sua independência ou toma qualquer outro ato institucional fundamental, passando de um regime para outro, ele pede o reconhecimento de outros países e da ONU. Pela mesma razão, o líder de um grupo é líder apenas enquanto é reconhecido como tal pelos membros do grupo. Muitas de nossas instituições são *invisíveis*, metaforicamente falando, no sentido de decorrerem de acordos tácitos; mas esses acordos podem ser explicitados e a instituição pode então se tornar *visível*. O reconhecimento – ou tácito, ou explícito – torna a presença das instituições efetiva e determinante no comportamento dos indivíduos. E por isso para eles elas não podem não ser reais, embora sejam reais apenas de sua perspectiva, isto é, na medida em que existe tal reconhecimento, pois só assim seu comportamento é determinado por elas.

O que vale para as instituições em geral e para os demais objetos culturais, como já enfatizamos, vale também para as instituições científicas e os objetos científicos, entre eles teorias e modelos. Desse modo, concordamos com Giere quanto a seu perspectivismo aplicado também ao caso dos modelos e dos princípios científicos. Mas a solução que podemos ter para o caso da realidade perspectivista dos modelos é, a nosso ver, mais coerente com o perspectivismo do que aquela solução que Giere lhe dá, que vimos no capítulo 5 e comentamos no início deste capítulo.

Os modelos abstratos existem da mesma forma que os demais objetos culturais, isto é, como entidades do Mundo 3. Embora eles possam ser correlacionados com modelos concretos, que são representações deles, os modelos abstratos não precisam dessas suas representações concretas para existir. Eles são autônomos no sentido que Popper dá ao termo em relação às entidades do Mundo 3 e existem enquanto entidades abstratas. E embora essa seja uma existência perspectivista, sua realidade é inegável. Assim, mesmo o cognitivismo externalizado de Giere é dispensável a esse respeito, já que podemos compreender os modelos científicos como entidades abstratas genuínas, sem referência necessária (embora possível) a outros tipos de modelos.

Por outro lado, como veremos no próximo capítulo, a externalização da cognição defendida por Giere (2006) ao seguir Hutchins (1996) torna-se interessante no momento em que queremos compreender a relação entre os modelos científicos como réplicas abstratas e modelos concretos, como cópias físicas e modelos digitais.

8.5 Os modelos científicos como entidades autônomas

Vimos no capítulo 6, ao examinarmos a posição de Morrison e Morgan, que, segundo elas, os modelos científicos são autônomos porque são parcialmente independentes tanto das teorias, quanto dos dados empíricos. A nosso ver, os modelos são autônomos também por isso, *mas não apenas por isso*. Mais importante do que esse aspecto é o fato de que os modelos são entidades abstratas e essas são autônomas em relação a seus criadores, como argumentamos nas seções anteriores deste capítulo. De fato, as teorias científicas e suas noções e também os modelos científicos, assim como os objetos matemáticos e linguísticos, todos são abstratos e autônomos no sentido que estamos discutindo aqui. É uma tese epistemologicamente importante a de Morrison e Morgan, mas é uma tese ontologicamente importante essa outra se-

gundo a qual os modelos científicos são entidades abstratas e, por isso, autônomas, institucionais e normativas.

Assim como as instituições antes mencionadas e aquelas entidades autônomas que possuem menor ou maior grau de institucionalidade e normatividade, como dissemos na seção anterior, os modelos científicos apresentam as seguintes características, envolvendo eles também os aspectos discutidos nos capítulos anteriores:

- (1) os modelos são criações nossas, de nossa perspectiva, para diferentes propósitos, o que pode incluir a medição entre teoria e realidade, mas não exclusivamente;
- (2) sendo entidades abstratas, os modelos possuem propriedades que podemos não conhecer e que devemos estudar e aprender, o que os torna objetos de conhecimento direto;
- (3) os modelos são sistemas abstratos e por isso podem ser comparados com sistemas concretos (sistemas dados no espaço e no tempo); mas os modelos não se localizam no espaço e no tempo;
- (4) os modelos são máquinas nomológicas abstratas, instanciando de maneira exata determinadas leis ou enunciados nomológicos;
- (5) os modelos são também *projetos* de outras máquinas nomológicas, inclusive daquelas que se encontram em experimentos e simulações; assim, eles possuem também poder normativo;
- (6) os modelos são situações (ou sistemas) possíveis no sentido *contrafactual*, isto é, eles poderiam coincidir exatamente com sistemas concretos (inclusive com modelos icônicos);
- (7) a similaridade entre os modelos e sistemas concretos pode variar em grau de abstração, podendo, no caso-limite, ser uma relação de isomorfismo;

- (8) os modelos são *representantes* (e, nesse sentido, representações) de outros sistemas.

Essas características podem não esgotar todos os aspectos envolvidos na noção de modelo científico e nem seria plausível que desejássemos oferecer uma lista completa, uma vez que, sendo entidades abstratas no sentido defendido neste capítulo, os modelos científicos são estruturas que requerem pesquisa e aprendizado de nossa parte. Não podemos, portanto, *a priori*, ou então *por definição*, dizer o que são os modelos científicos. O que podemos fazer é estudá-los e procurar revelar suas propriedades. O objetivo de uma análise pragmática dos modelos é justamente estudá-los e revelar suas características gerais. Mas, sendo *pragmática*, essa análise deverá tomar os modelos científicos em seu uso, na prática científica. Uma discussão dos modelos nesse contexto pragmático da investigação científica é o assunto do próximo capítulo.

No que diz respeito ao tema específico deste capítulo, devemos enfatizar a ideia de que os modelos científicos são sistemas abstratos e autônomos, como as instituições e as demais entidades abstratas. E voltando ao tema do compromisso ontológico e do estatuto ontológico dos modelos científicos, devemos dizer que, enquanto objetos abstratos, eles são indivíduos; mas, por outro lado, enquanto sistemas ou estruturas, eles são eventos. Ou seja, podemos estudar esses sistemas abstratos que são os modelos seja do ponto de vista interno, examinando sua estrutura, seja do ponto de vista externo, examinando suas relações com outros sistemas.

Visto como uma máquina nomológica abstrata, um modelo científico pode ser estudado com respeito a suas partes e propriedades. E esse estudo envolve as noções oferecidas pelas teorias científicas. Por isso podemos dizer, como voltaremos a discutir nos próximos dois capítulos, que os modelos científicos são os objetos de estudo por excelência das ciências, não apenas as em

píricas (ou naturais, ou humanas), mas também as ciências formais. É em grande medida daquilo que aprendemos no estudo de como os modelos funcionam que podemos também aprender como funcionam os sistemas concretos, no espaço e no tempo. Assim, os modelos podem ser bons representantes dos sistemas concretos. E nesse ponto chegamos ao estudo das relações externas dos modelos com outros sistemas.

Visto como uma entidade abstrata (um indivíduo), o tipo de relação que um modelo científico pode ter com outro sistema é a relação de analogia, em virtude das semelhanças entre o modelo e outros sistemas. E aqui é tanto o conhecimento da teoria como o dos dados empíricos que pode guiar o estudo dessa relação entre modelo e sistema concreto e mesmo entre modelos de maior nível de abstração e modelos de menor nível. O que há de conhecido do próprio modelo como máquina nomológica abstrata pode também ajudar, mas não é suficiente. É na relação com outros sistemas que podemos alcançar algum grau maior de conhecimento a respeito do próprio modelo abstrato.

Isso nos conduz de volta ao problema de reverter a relação de similaridade, que discutimos no capítulo 2, o problema da assimetria. Ora, essa possibilidade, como dissemos então, de fato, depende do contexto de investigação científica e não, digamos, da natureza dos modelos científicos. Depende, obviamente, das propriedades tanto da máquina nomológica abstrata que é o modelo científico, quanto daquelas dos sistemas concretos com os quais ele é comparado. Mas esses são conhecimentos alcançados sempre por meio da própria investigação e do tipo de contextualização que ela oferece para a comparação entre modelos abstratos e sistemas concretos. Este também é um assunto para os dois próximos capítulos.

Pragmática da investigação

Quando falamos de *modelos científicos* neste livro, assim como em grande parte da literatura sobre o tema, estamos presumindo aqueles modelos abstratos cujo caráter autônomo, institucional e normativo comentamos no capítulo anterior. A nosso ver, esses são os modelos mais importantes que encontramos nas ciências, embora eles não sejam os únicos modelos *de uso científico*, digamos assim. Tal como discutimos no capítulo 7, encontramos na atividade experimental também modelos concretos e digitais, podendo os primeiros ser vivos ou inertes, em escala ou não. Vimos que esses modelos não possuem apenas uso pedagógico, ilustrativo ou de divulgação científica; por exemplo, eles podem ser ferramentas de pesquisa em simulações, com a possibilidade de gerar conhecimento novo. De todos os modelos de uso científico, podemos distinguir, portanto, dois grupos básicos, a saber: os *abstratos*, de um lado, e os *concretos* e *digitais*, de outro. Neste capítulo, vamos examinar as relações entre o primeiro tipo de modelo – aqueles que continuaremos a denominar modelos *eminentemente* científicos – e esses modelos *de uso científico* (uma vez que esses últimos poderiam ter outros usos, mas os primeiros não), modelos que podem alcançar maior ou menor relevância como ferramentas de investigação, dependendo exatamente da forma como se relacionam com os modelos abstratos ou eminentemente científicos.

Como vimos nos capítulos anteriores, alguns autores têm maior preocupação com uma caracterização mais exata dos modelos científicos e dos modelos em geral, outros não, e alguns se dão ao trabalho de elaborar mesmo certas tipologias. Vamos comentar duas dessas tipologias: novamente a de Black (1981), que já vimos nos capítulos 1 e 2, e a de Achinstein (1971), autor ao qual já nos referimos no capítulo 3, mas sem termos discutido suas ideias

mais gerais sobre os modelos científicos.¹ Vamos comparar essas tipologias com a nossa. Além dos modelos concretos e digitais, de um lado, e dos modelos científicos abstratos (que também denominamos *modelos-réplica*), também temos falado de modelos semânticos ou conjuntistas e de modelos matemáticos, que são igualmente de natureza abstrata, assim como os modelos-réplica.

A relação entre os modelos semânticos e os modelos-réplica foi discutida em *Pragmática da investigação científica* (DUTRA, 2020, cap. 4). Nessa mesma obra (no capítulo 8), discutimos ainda o papel dos *modelos-ponte*, que fazem a mediação entre os modelos científicos abstratos e os modelos de menor nível de abstração, por exemplo, modelos diretamente ligados a situações experimentais e de observação, como os *modelos de dados*, dos quais falam alguns autores, como Suppes, assim como os modelos concretos. Uma discussão mais detalhada sobre esses modelos mediadores é necessária justamente para podermos entender mais claramente a relação entre os modelos abstratos e os modelos concretos e digitais.

Essa relação entre modelos de diferentes tipos e níveis de abstração é uma das formas pelas quais se dá o estudo dos modelos científicos como máquinas nomológicas abstratas. Vamos retratar a atividade científica como algo voltado principalmente para o estudo direto dos modelos abstratos, que podem ser descritos e conhecidos seja em sua estrutura interna, enquanto sistemas abstratos, seja em suas relações externas, com outros sistemas, como os modelos concretos e digitais.

¹ Discussões mais gerais sobre os modelos científicos, seus diversos tipos e usos nas ciências são empreendidas também por HARRÉ, 2004 e por BAILER-JONES, 2009, obras que analisam diversos dos aspectos e das interpretações dos modelos que temos discutido ao longo deste livro, sem, contudo, apresentar tipologias bem definidas, nem, a nosso ver, novidades significativas em relação aos principais autores cujas ideias temos comentado, entre eles Black e Achinstein.

Ao discutirmos as relações entre esses tipos de modelos, apesar da importância capital que possuem os modelos científicos abstratos, como temos enfatizado ao longo de todo este livro, vamos recorrer à noção de *cognição distribuída*, defendida por Edwin Hutchins (1996), no que ele é acompanhado por Ronald Giere (2006). Vamos procurar mostrar como os modelos concretos e as visualizações de modelos digitais são também ferramentas indispensáveis para a investigação, na medida em que são elementos também essenciais dos processos de cognição distribuída, processos que, segundo Hutchins, envolvem o sujeito humano como uma parte de um sistema cognitivo mais amplo, de caráter eminentemente ambiental e, a nosso ver, também eminentemente social e institucional.

Além da autonomia e do caráter institucional que os modelos abstratos emprestam à atividade de investigação científica, a normatividade desses modelos – como *projetos* de *outras* máquinas nomológicas – é mais um dos aspectos importantes da pragmática da investigação que devemos colocar em discussão. A mesma força normativa que as instituições e suas regras possuem sobre o comportamento dos indivíduos que a elas pertencem os modelos abstratos possuem sobre o comportamento investigativo dos cientistas. Esse é outro tema que vamos procurar discutir em conexão com a noção de cognição distribuída.

Dessas discussões deve surgir um padrão da pesquisa científica, algo de que já nos ocupamos na outra obra citada (DUTRA, 2020, cap. 8), e que retomaremos no final deste capítulo, comparando mais uma vez com o padrão defendido por John Dewey e com a concepção de investigação de Popper, em especial com suas ideias a respeito do que ele denominou *lógica situacional*. Esse padrão de investigação defendido por Popper é particularmente importante para as ciências humanas, objetivo explícito, aliás, do autor ao apresentá-lo, como discutiremos no próximo capítulo. Mas aqui, antes, vamos procurar generalizar essas ideias de Popper para quaisquer ciências, o que, a nosso ver, nos permite com

preender que em todos os domínios científicos podemos encarar a atividade científica sempre como uma contextualização de máquinas nomológicas, isto é, a aplicação de modelos abstratos a situações concretas.

9.1 Tipologias de modelos

Das discussões dos capítulos anteriores podemos tirar uma primeira tipologia de modelos, que seria a seguinte:

- (1) modelos abstratos;
- (2) modelos concretos;
- (3) modelos digitais e
- (4) modelos-ponte ou modelos mediadores.

Os modelos abstratos se dividem nos seguintes subtipos:

- (1a) modelos matemáticos;
- (1b) modelos semânticos (ou conjuntistas) e
- (1c) modelos-réplica (ou réplicas abstratas, ou modelos eminentemente científicos, ou modelos teóricos).

Os modelos concretos podem ser bi ou tridimensionais, sendo, por exemplo, ou diagramas, plantas e mapas, ou maquetes ou cópias reduzidas ou ampliadas de diferentes coisas ou sistemas; podem também ser modelos vivos, como vimos no capítulo 7 deste livro. Os modelos digitais são aqueles produzidos por computador e considerados apenas enquanto informação guardada, estruturada e recuperável segundo os meios representativos das linguagens de computador, como também discutimos no mesmo capítulo 7.

Os modelos-ponte, por sua vez, dividem-se em:

- (4a) modelos de dados e

(4b) modelos de execução (ou projetos executivos).

Sobre os quatro tipos básicos e as subdivisões do primeiro tipo já fizemos suficientes comentários nos capítulos anteriores. Também fizemos referência aos modelos-ponte, embora com menos frequência e menor detalhamento. Os modelos de dados são aqueles que, em geral, fazem a ligação entre situações experimentais ou de observação de campo e os modelos teóricos (ou modelos-réplica). Os projetos executivos ou modelos de execução são os que permitem o caminho de volta às situações concretas, isto é, permitem adaptar a réplica abstrata ou projeto de máquina nomológica às situações concretas de seu emprego. Os modelos-ponte são os modelos mediadores por excelência, no sentido defendido por Morrison e Morgan, como vimos no capítulo 6.

Essa tipologia e suas subdivisões levam em conta não apenas a natureza dos modelos, mas também suas funções ou usos específicos. No final desta seção, faremos uma distinção mais pormenorizada da caracterização dos modelos, quer segundo sua natureza, quer segundo seu uso. Outras tipologias são encontradas na literatura especializada, como a de Achinstein, que discutiremos a seguir.

Uma quinta categoria ou tipo que poderia ser acrescentada a nossa tipologia seria a de possíveis *modelos mentais* ou *modelos cognitivos*, como tem sido comum na literatura.² Contudo, além da natureza misteriosa desses modelos supostamente mentais, tema ao qual vamos retornar adiante neste capítulo ao discutirmos a noção de cognição distribuída, em virtude dessa própria noção, os supostos modelos mentais, frequentemente confundidos com os modelos abstratos, são desnecessários. De qualquer modo, as discussões do capítulo anterior mostram que os aspectos psicológi-

² Cf., por exemplo, JOHNSON-LAIRD, 1995, obra já clássica e de referência sobre o assunto.

cos – ou mentais nesse sentido – não afetam a natureza abstrata dos modelos científicos.

Peter Achinstein dedica dois capítulos de seu livro *Concepts of Science* (1971) ao tema dos modelos e elabora uma tipologia, distinguindo quatro tipos básicos de modelos, a saber, modelos:

- (1) teóricos;
- (2) imaginários e
- (3) semânticos.
- (4) representativos;

Os três primeiros tipos são discutidos no capítulo 7 da referida obra, sobre as analogias e modelos em geral (1971, p. 203-225); o último tipo é discutido no capítulo 8 (1971, p. 203-258). Além de outros autores que fazem distinções semelhantes, alguns dos quais discutimos nos capítulos precedentes, temos também Max Black, cujas ideias sobre os modelos já comentamos nos capítulos 1 e 2 deste livro. Vamos retomar aqui também a tipologia de Black, para discuti-la conjuntamente com a de Achinstein.

Black (1981, p. 219-243), como vimos, distingue os seguintes tipos básicos:

- (1) modelos em escala;
- (2) analógicos;
- (3) matemáticos e
- (4) teóricos.

Há coincidências parciais entre essas duas tipologias, assim como diferenças importantes, que vamos apontar, tomando os modelos não apenas isoladamente, em si mesmos, como estruturas e segundo seu estatuto ontológico ou natureza, digamos (alguns são concretos, outros abstratos), mas também em relação à prática científica, em seu uso portanto. Alguns são, por exemplo, projetos de máquinas nomológicas, outros são máquinas nomoló-

gicas, comparativamente com nossa tipologia apresentada acima nesta seção.

Os modelos *representativos* de que fala Achinstein são aqueles que representam tridimensionalmente um objeto – que Achinstein denomina *protótipo* –, podendo ser, por sua vez, divididos em quatro subcategorias, a saber:

- (1a) *verdadeiros*: os que guardam determinada proporção exata para com o protótipo, segundo determinada escala adotada, representando todas as suas características;
- (1b) *adequados*: os que, de forma semelhante aos anteriores, representam apenas algumas das características do protótipo;
- (1c) *distorcidos*: os que representam algumas ou todas as características do protótipo, mas utilizando diversas escalas para as diferentes características representadas e
- (1d) *analógicos*: os que não representam propriamente as características do protótipo, mas de outro sistema, que pode ser comparado com o protótipo.

Ora, esses quatro subtipos dos modelos representativos, sendo todos sistemas concretos, se assemelham aos modelos em escala de que fala Black, com a diferença de que esse último coloca mais em evidência do que Achinstein as características *funcionais*, digamos, dos modelos do que suas características *formais*, isto é, relativas à forma, ou arranjo das partes, ou estrutura interna dos sistemas. Ou seja, as quatro formas diferentes de construir modelos representativos, segundo Achinstein, podemos dizer, resultam de diferentes propósitos para os quais destinamos os modelos em escala, como diz Black. Pois, quanto às características mais pragmáticas dos modelos em escala, ele destaca não apenas o propósito com o qual construímos um modelo em escala de determinada

coisa (que pode ser real ou imaginária), mas também as convenções e interpretações que nos permitem estabelecer a relação entre o modelo e o sistema do qual ele é um modelo, podendo realizar tal papel, enfatiza Black, na medida em que *não* representa fielmente algumas das características do sistema original (BLACK, 1981, p. 220), o que corresponderia aos modelos representativos adequados, distorcidos e analógicos de Achinstein, mas não ao modelo representativo que ele denomina *verdadeiro*, uma vez que esse tipo de modelo guarda uma correspondência perfeita, em escala, com o protótipo.

Contudo, a esse respeito, é preciso reconhecer que um modelo representativo verdadeiro, nos termos em que é concebido por Achinstein, muito dificilmente seria realizável, uma vez que podemos alcançar a correspondência perfeita apenas em relação aos aspectos meramente formais, mas não aos funcionais, do protótipo. Mas é claro que eram esses aspectos formais que Achinstein tinha em mente, pois seu exemplo de um modelo de ponte (ACHINSTEIN, 1971, p. 209) sugere que ele se refere aos modelos representativos que normalmente conhecemos como *maquetes*, isto é, as representações tridimensionais em escala.

Dependendo da escala utilizada, determinadas funcionalidades podem ser preservadas, mas outras não. Por exemplo, uma casinha de brinquedo para crianças pode ser a maquete de uma casa real em escala 1:2, digamos, e mesmo assim manter praticamente todas as funcionalidades da maquete em relação à casa real, como sistema de circulação de pessoas, rede de água, de energia etc., já que tudo na casa de brinquedo seria a metade do que há na casa real, permitindo, portanto, que crianças que possuem a metade do tamanho dos adultos utilizem a maquete mantendo toda a sua funcionalidade em comparação com a da casa original. Isso já não é possível numa maquete em escala 1:100 por diversas razões, entre elas o próprio uso de determinados materiais. Esse problema é amplamente discutido por aqueles pesquisadores que constroem esse tipo de modelo para estudar as camadas da crosta ter

restre, como relata, por exemplo, Naomi Oreskes (2007) quanto às simulações em geologia, um tema a que já nos referimos no capítulo 7.³

Assim, embora Achinstein enfatize os aspectos formais dos modelos representativos, o que em parte também contempla os aspectos funcionais, mais enfatizados por Black, ele deixa de discutir os aspectos que podemos denominar *materiais* dos modelos em escala, isto é, os materiais dos quais tais modelos são construídos, que não podem ser em geral os mesmos encontrados no sistema original ou protótipo. O *protótipo* – não no sentido em que Achinstein emprega o termo, desviando do uso comum, mas nesse sentido justamente – é o modelo em escala 1:1, feito dos mesmos materiais e com as mesmas funcionalidades do sistema original. Ele só não é o próprio sistema original porque é destinado a permitir simulações. Mas é claro que o próprio protótipo produzido, por exemplo, por uma fábrica de automóveis, poderia ser também vendido junto com os carros produzidos segundo o mesmo projeto, já que possui os mesmos materiais e as mesmas funcionalidades. Nesse caso, por que iríamos chamá-lo então de *modelo* daquele carro e não de apenas mais um exemplar do mesmo carro? Ora, justamente porque a função do protótipo é outra. Ele se destina a simulações e testes do projeto e representa antecipadamente os demais carros a serem produzidos segundo tal projeto.

Desse modo, vemos que o aspecto funcional é determinante na construção de modelos em escala, pois é ele que vai definir, com base nos objetivos do modelo, a escala a ser utilizada, o material ou os materiais a serem empregados, os aspectos que podem ou devem ser representados com menor ou maior fidelidade, aqueles que permitem maior ou menor distorção etc. Dos três

³ Para discussões mais pormenorizadas sobre o tema dos modelos em escala em geral, assim como dos modelos vivos, e os problemas relacionados à funcionalidade desses modelos concretos, cf. os diversos textos contidos em CREAGER; LUNBECK; WISE, 2007 e CHADAREVIAN; HOPWOOD, 2004. Cf. também a seção 7.4 do capítulo 7, acima.

aspectos dos modelos em escala – material, formal e funcional – vemos que esse último é o mais importante de ser levado em conta, pois ele determina os outros dois. E isso se dá porque o aspecto funcional do modelo em escala é aquele em que esse tipo de modelo se liga com um modelo abstrato, isto é, com um projeto de máquina nomológica ou com a máquina nomológica abstrata (o projeto propriamente, como discutimos no capítulo 5) que ele representa tridimensional ou concretamente, ou seja, no espaço e no tempo.

Os modelos chamados *teóricos* por Achinstein (1971, p. 212s), por sua vez, são caracterizados da seguinte maneira: um modelo teórico:

- (i) é um conjunto de pressupostos sobre um objeto ou sistema;
- (ii) descreve o tipo de objeto ou sistema atribuindo-lhe uma estrutura interna, composição ou mecanismo;
- (iii) é tomado como uma aproximação simplificada ou útil para determinados propósitos;
- (iv) é proposto dentro do quadro mais amplo de uma teoria ou de teorias e
- (v) é formulado, desenvolvido e nomeado com base em uma analogia entre o objeto ou sistema descrito no modelo e algum objeto ou sistema diferente.

Vimos no capítulo 2 deste livro as condições de uso daqueles modelos que Black (1981, p. 230s) também denomina *teóricos*. Alguns dos aspectos apontados por Black também o são por Achinstein, com a importante diferença de que, para Black, os modelos teóricos são *descritos* e não propriamente *construídos*, como vimos, enquanto que, para Achinstein, os modelos teóricos são propostos por alguém com determinados objetivos, que ele também destaca.

Achinstein diz que, em primeiro lugar, um modelo teórico de determinado objeto ou sistema X é proposto por alguém em contraste com alguma teoria sobre X , uma vez que a pessoa que propõe o modelo acredita que, estritamente falando:

- (a) suas pressuposições são falsas, inexatas ou aplicáveis apenas a um domínio restrito, simplificando, aproximando, omitindo determinados fatores e introduzindo relações idealizadas;
- (b) o modelo, para explicar as diversas propriedades de X , atribui a X uma estrutura interna, composição ou mecanismo que uma teoria não precisa atribuir a X , limitando-se a apontar as relações dessas propriedades de X ou as relações de X com outros sistemas e
- (c) o modelo procura aplicar a teoria a um domínio restrito de objetos ou sistemas dos quais a teoria trata.

Dessa forma, Achinstein acredita fazer uma distinção clara entre teoria e modelo, uma vez que cada uma dessas coisas tem usos diferentes, embora os modelos possam ter muitos dos mesmos usos das teorias, como explicar, sistematizar, interpretar, prever, calcular, derivar leis etc. (ACHINSTEIN, 1971, p. 217s). Mas a utilidade distinta dos modelos teóricos reside no fato de que eles podem fazer o trabalho mesmo na ausência de uma teoria definida para determinado domínio de fenômenos; podem permitir cálculos mais exatos do que aqueles possíveis apenas por meio das teorias e, por fim, possuem também papel didático com relação às próprias teorias às quais estão ligados.

Nos aspectos que podemos chamar de *pragmáticos*, isto é, ligados ao uso dos modelos, sobretudo em comparação com o uso de teorias, a discussão de Achinstein toca mais claramente em determinados aspectos do que a discussão de Black. Como vimos, segundo Achinstein, os modelos teóricos exibem também uma relativa autonomia em relação às teorias, um aspecto no qual sua

posição coincide com a de Morrison e Morgan, que vimos no capítulo 6, embora essas autoras apresentem uma discussão muito mais desenvolvida e detalhada da autonomia.

Por outro lado, quanto ao tipo de autonomia que discutimos no capítulo anterior – a mesma autonomia que os modelos científicos têm em comum com as demais entidades culturais –, esse é um aspecto que encontramos na noção defendida por Black de que os modelos não são construídos, mas descritos. Mas a posição de Black, por sua vez, não é tão claramente formulada quanto a nossa no capítulo anterior, pois ela poderia dar margem a uma interpretação platônica das entidades abstratas. A nosso ver, os modelos científicos, assim como os demais objetos culturais, são ao mesmo tempo construídos por nós e autônomos. Depois de propostos e aceitos, depois de se tornarem de domínio público, eles devem ser descobertos e descritos, como enfatiza Black – mas apenas *depois* de serem propostos e aceitos, depois de se tornarem *institucionais*.

Não vamos discutir os modelos semânticos de que fala Achinstein (ou modelos conjuntistas, como se costuma também dizer), tema que já foi tratado em outra obra (DUTRA, 2020, cap. 4) e no capítulo 1 deste livro. Mas vamos analisar os modelos que Achinstein denomina *imaginários*, modelos que, segundo ele (1971, p. 218s), guardam importantes semelhanças com os modelos teóricos e mesmo com as analogias em geral, mas que merecem ser tratados à parte. Ora, as características básicas dos modelos imaginários são as seguintes:

- (a) em um modelo imaginário, um objeto ou sistema é descrito por meio de um conjunto de pressuposições;
- (b) o proponente do modelo não se compromete com a verdade ou plausibilidade das pressuposições feitas e
- (c) o modelo imaginário procura mostrar como o objeto ou sistema seria se determinadas condições fossem satisfeitas.

De fato, a única característica que explicitamente essa descrição dos modelos imaginários acrescenta ao restante da discussão de Achinstein sobre os modelos é a condição (c) acima, que aponta para o caráter contrafactual dos modelos imaginários. Achinstein dá dois exemplos desse tipo de modelo, que são o modelo de Poincaré de um mundo com geometria não euclidiana, lobachevskiana mais exatamente, e o modelo do campo eletromagnético de Maxwell. Mas o que Achinstein mais destaca nesses dois exemplos é exatamente o caráter contrafactual de espécies de experimentos imaginários que seriam possíveis por meio de tais modelos. Assim sendo, não são os modelos propriamente que seriam imaginários, mas os experimentos que eles permitem realizar, um tema que já discutimos no capítulo 7.

De qualquer modo, tal como apontam diversos outros autores cujas ideias sobre os modelos científicos discutimos nos capítulos anteriores, especialmente Nancy Cartwright e Frederick Suppe, o aspecto contrafactual é essencial aos modelos teóricos ou científicos. E o caráter contrafactual está presente mesmo nos modelos em escala, uma vez que eles representam determinado sistema *se* ele fosse das dimensões do modelo e não das dimensões reais do sistema original. Assim, Achinstein separa desnecessariamente um aspecto essencial dos modelos teóricos para localizá-lo em uma categoria de modelo que não precisa existir por si própria, mas cujos aspectos centrais já estão contemplados nos modelos teóricos. Essa aparente separação desnecessária, a nosso ver, resultou do fato de Achinstein não distinguir claramente os aspectos formais e funcionais, isto é, internos, dos modelos dos aspectos relativos ao seu uso, isto é, externos ou pragmáticos.

Ora, internamente então, os modelos científicos, teóricos ou abstratos estão bem caracterizados quando apontamos aqueles aspectos de sua forma e sua funcionalidade que foram apontados no final do capítulo anterior e que reproduzimos abaixo de forma desmembrada e um pouco modificada, para retomarmos a discus-

são sobre a relação entre os aspectos internos, da constituição e da natureza dos modelos científicos, de um lado, e seu uso, o aspecto externo ou relacional, de outro:

I. Aspectos internos (constituição e natureza dos modelos científicos). Os modelos são:

- (1) criações nossas;
- (2) entidades abstratas autônomas;
- (3) sistemas abstratos que não se localizam no espaço e no tempo;
- (4) máquinas nomológicas abstratas;
- (5) projetos de (outras) máquinas nomológicas;
- (6) situações contrafactuais;
- (7) similares ou réplicas de sistemas concretos;
- (8) representantes ou representações.

II. Aspectos externos (uso ou pragmática dos modelos científicos), relacionando-os com outros sistemas, teorias, experimentos, simulações etc.:

- (1) os modelos têm diferentes propósitos, o que pode incluir a mediação entre teoria e realidade, partes da realidade etc.;
- (2) os modelos possuem propriedades que podemos não conhecer e que devemos estudar e aprender, o que os torna objetos de conhecimento direto;
- (3) os modelos abstratos podem ser comparados com sistemas concretos (sistemas dados no espaço e no tempo);
- (4) os modelos permitem conhecer de maneira exata determinadas leis ou enunciados nomológicos;
- (5) os modelos permitem experimentos e simulações, possuindo também poder normativo na realização deles;

- (6) os modelos podem coincidir exatamente com sistemas concretos, inclusive com modelos icônicos, dependendo do grau de abstração escolhido;
- (7) a similaridade entre os modelos e sistemas concretos pode variar em grau de abstração e em escala, podendo, no caso-limite, ser uma relação de isomorfismo;
- (8) os modelos representam outros sistemas como seus representantes, mas não como uma forma de espelhamento.

Internamente, como dissemos antes neste capítulo, os modelos dos diferentes tipos – quer os concretos, quer os abstratos – podem ser caracterizados por seu material, sua forma ou estrutura e sua funcionalidade, uma vez que são máquinas nomológicas. Externamente, os modelos podem ser considerados em analogia, comparação ou relação com outros sistemas ou como objetos de conhecimento direto. Com ambos esses usos encontramos os modelos na prática científica. Como objeto de conhecimento direto, os modelos abstratos são considerados em sua estrutura e sua funcionalidade, isto é, como máquinas nomológicas abstratas, que é o tema da próxima seção. Como ponto de comparação com sistemas concretos, os modelos abstratos são considerados em seu papel de projetos de máquinas nomológicas e em relação com modelos-ponte (ou modelos de dados, ou modelos de execução), que é o tema da penúltima seção deste capítulo.

Quanto a sua natureza, os modelos-ponte, por sua vez, são mistos, na medida em que são ao mesmo tempo *abstratos*, embora em menor grau de abstração do que os modelos teóricos, e *concretos*, na medida em que estão representados em diagramas ou outros recursos concretos. Isso não torna inconsistente a tipologia que apresentamos no início desta seção, uma vez que, em primeiro lugar, ela não separa rigidamente os aspectos internos (estrutura e constituição) dos modelos de seus aspectos externos (uso ou relações com outros sistemas); e, em segundo lugar, não poderia

fazê-lo rigidamente, uma vez que a natureza *distribuída* da cognição envolvendo modelos, para lembrarmos novamente a noção defendida por Hutchins, como veremos adiante neste capítulo, não o permitiria. De fato, o uso de modelos-ponte exhibe claramente o caráter *distribuído* desse tipo de atividade cognitiva.

9.2 O conhecimento direto de máquinas nomológicas abstratas

A atividade científica não consiste apenas em elaboração, estudo e uso de modelos. Também são parte integrante dessa atividade a elaboração de teorias e a realização de experimentos e simulações, que são algumas das formas pelas quais podemos coletar dados, entre outras realizações científicas. Os modelos (seja os teóricos, seja os modelos-ponte) desempenham, contudo, um papel indispensável e central nessas atividades investigativas das ciências. Entre elas encontramos o estudo direto dos próprios modelos teóricos ou modelos-réplica, seja porque não há teorias em alguns campos, ou pelo menos não há teorias muito bem desenvolvidas, seja porque, mesmo havendo teorias bem desenvolvidas, os modelos teóricos instanciam, em situações mais específicas, as noções gerais empregadas pelas teorias, como já comentamos nos capítulos precedentes. O estudo direto dos modelos teóricos é uma forma de compreender melhor a própria teoria, além de compreender melhor a relação entre a teoria e o mundo. A questão então que temos de retomar é se os modelos teóricos podem ser objeto de conhecimento direto.

Dado seu caráter cultural – sendo então entidades ou objetos culturais, assim como as obras de arte, por exemplo –, os modelos teóricos podem e devem ser objeto de conhecimento direto, isto é, eles devem ser estudados e ter suas características mais bem conhecidas de uma maneira objetiva. Isso pode ser feito ou de forma particular, para os mais diversos modelos teóricos – réplicas abstratas ou máquinas nomológicas – que encontramos

nas ciências naturais e humanas, ou de forma geral, como temos feito neste livro, isto é, procurando entender a natureza ou estatuto ontológico, a estrutura interna e os usos dos modelos científicos abstratos. Ou seja, grande parte da atividade científica ordinária consiste no estudo direto dos modelos teóricos, desses sistemas abstratos que elaboramos com o objetivo de comparar com eles partes do mundo à nossa volta, inclusive aquela parte do mundo que consiste nos processos cognitivos que envolvem modelos.

Além da natureza abstrata dos modelos eminentemente científicos, discutida no capítulo anterior, devemos também nos ocupar da estrutura interna desses sistemas, além de nos ocuparmos de suas possíveis relações com outros sistemas – por exemplo, os sistemas de menor abstração descritos nos modelos-ponte e os sistemas concretos que esses últimos relacionam com os modelos científicos de maior abstração.

Seguindo uma das ideias fundamentais que temos comentado neste livro, devemos enfatizar que um modelo é um sistema abstrato, o que pressupõe que determinado arranjo de objetos se distingue de outros, isto é, de outros sistemas. E isso nos leva a pensar nas fronteiras entre os sistemas e na distinção geral entre o que é interno a tais sistemas e o que é externo. Ora, assim como podemos arranjar corpos materiais em diversas configurações, estabelecendo entre eles relações arbitrárias, quaisquer que sejam, podemos fazer o mesmo com objetos abstratos. Mas isso não nos dá, nem num caso nem no outro, uma máquina nomológica, nem nos conduz a regularidades genuínas. Uma máquina nomológica é um sistema ou arranjo de objetos ou partes que exhibe uma lei ou que exhibe relações que podem ser descritas por meio de enunciados nomológicos. Em outras palavras, um sistema que é realmente uma máquina nomológica – como devem ser os modelos científicos abstratos – exhibe comportamentos recorrentes, reprodutíveis, comportamentos regulares e constantes, que podem ser relatados nomologicamente. E ainda que os próprios comportamentos de

um sistema possam também ser – sempre de maneira nomológica – relatados de diferentes maneiras, é preciso que pelo menos uma dessas maneiras esteja a nosso alcance.

Por exemplo, se considerarmos uma planta um sistema biológico nomológico e observarmos que essa planta cresce em direção à região onde há mais luz em seu ambiente próximo, poderemos descrever esse seu comportamento de forma teleológica (ou *intencional*, para utilizarmos o termo no sentido empregado por Dennett), ou então poderemos descrever seu comportamento de maneira funcional, mostrando como os acontecimentos fisiológicos desse organismo explicam o aparente comportamento de crescer na direção da luz (uma abordagem que Dennett denomina *física*). O importante é que, nos dois casos, apontamos regularidades do comportamento de tal sistema, seja ele encarado como um sistema intencional, seja encarado como sistema físico.⁴

A própria distinção de Dennett entre a abordagem física, de um lado, e a abordagem intencional, de outro, é uma das formas de distinguir os aspectos ligados à constituição interna de um sistema – e alguns de seus efeitos quanto às relações com outros sistemas – e os aspectos ligados propriamente às relações com o ambiente ou, mais especificamente, com outros sistemas, esses, por sua vez, também identificados nomologicamente, ou seja, como configurações de objetos de comportamento regular. Mas, na medida em que determinado sistema pode ter alguma função dentro de um sistema maior, a distinção entre interno e externo é, obviamente, variável e sempre provisória. Ela depende do ponto de vista adotado e dos propósitos da investigação que queremos empreender.

⁴ Como sabemos, a distinção de Dennett tornou-se lugar-comum – e amplamente aceita – na literatura filosófica contemporânea, mas o leitor interessado pode consultar, por exemplo, DENNETT, 1996, entre muitas outras de suas obras que tratam do assunto. Além das abordagens intencional e física, Dennett fala ainda daquela abordagem que se pode denominar *projetiva* (*design stance*).

Há, contudo, fronteiras consideradas (mais) *naturais*, digamos, para os diferentes tipos de sistemas. Para os animais, por exemplo, inclusive os seres humanos, a pele tem sido encarada como uma fronteira, isto é, como aquilo que, não apenas material ou fisicamente, mas também funcionalmente, separaria o sistema biológico do ambiente. De forma similar, para os sistemas que construímos – as máquinas de diversos tipos –, seus diferentes tipos de invólucros têm sido tomados como o equivalente da pele nos animais. O invólucro e a pele são, contudo, apenas parte do próprio sistema com uma funcionalidade especial. São aquelas partes do sistema que se destinam especialmente às funções de proteção do próprio sistema e de comunicação entre o sistema e outros ou, de forma mais genérica, o ambiente. Em suma, a distinção importante que orienta essa discussão, afinal, é aquela entre o sistema tomado em si mesmo, internamente, e seu ambiente, no qual há outros sistemas com os quais ele pode estar em relação mais específica. De forma geral, um sistema está sempre em relação com seu ambiente, obviamente.

O que acabamos de dizer vale para quaisquer sistemas concretos, mas deve poder valer também para sistemas abstratos. Ora, aqui a tarefa cognitiva que temos diante de nós é a de distinguir conceitualmente um sistema abstrato de outro, ou seja, de mostrar que determinado objeto cultural é diferente de outro. Mostrar, portanto, que um pêndulo ideal é diferente de um plano inclinado ideal, por exemplo, é fundamentalmente o mesmo que mostrar que a *Mona Lisa* é diferente da *Anunciação*. Nesse último caso, estamos interessados nas diferenças, apesar de possíveis semelhanças, de duas obras de arte, duas pinturas famosas de Leonardo da Vinci. No primeiro, estamos interessados nas características particulares, mas também nas características comuns, de dois sistemas de física. Em todos os casos, o trabalho a ser feito é compreender melhor certos objetos culturais. Pois, assim como as obras de arte são objetos culturais porque são socialmente aceitas nessa condição, do mesmo modo, temos a situação dos modelos

científicos abstratos. E assim como a história da arte e a crítica de arte são atividades culturais relevantes em nossa cultura, atividades que só podem ser realizadas dentro de uma cultura, porque são objetos de estudo claramente delimitados, do mesmo modo, a investigação científica que estuda diretamente modelos abstratos é uma atividade cultural ou científica relevante em nossa cultura e que só pode ser realizada dentro de uma cultura. Fica claro assim como ela é e deve ser uma parte essencial e central da ciência.

Como veremos adiante neste capítulo ao discutirmos a noção de cognição distribuída, os modelos concretos e os modelos-ponte são recursos também indispensáveis da atividade científica, inclusive porque eles são recursos para o próprio estudo dos modelos abstratos. Isso só mostra que os modelos abstratos são, em si mesmos, objetos de conhecimento direto. Estar diante do quadro *Mona Lisa* e poder vê-lo (ou pelo menos poder ver uma boa reprodução dele) é algo importante para o estudo desse quadro nas investigações da história da arte. Do mesmo modo, ter diante de si um modelo concreto que instancie determinado sistema abstrato também pode ajudar, e frequentemente ajuda, no estudo desse sistema abstrato. Os modelos concretos icônicos têm tido um já reconhecido papel didático no ensino das teorias científicas, mas devemos reconhecer que sua utilidade é mais que didática; ela é também heurística de uma forma fundamental, tomando parte no processo de cognição distribuída. Mas isso é apenas um recurso para o estudo do sistema abstrato, que é aquele que mais importa conhecer. É por conhecermos melhor os sistemas abstratos que achamos que conhecemos melhor o mundo que eles representam.

A distinção entre um sistema e seu ambiente externo, em oposição ao que podemos entender então como seu *ambiente interno*, para utilizarmos a expressão de Simon (1996, cap. 1), não se esgota aqui. Vamos retomá-la adiante na discussão sobre a cognição distribuída, quando veremos de forma mais detalhada como os modelos teóricos ou modelos-réplica se relacionam com mode-

los de menor grau de abstração, como modelos-ponte, modelos concretos e modelos digitais. Apesar da centralidade dos modelos teóricos na investigação científica de um ponto de vista mais abstrato, do ponto de vista pragmático, veremos como os modelos de menor grau de abstração e os modelos concretos são também indispensáveis e o amplo espectro de utilidade desses modelos. Por sua vez, o que mais caracteriza os modelos teóricos, sendo eles objetos culturais, como dissemos, é sua força normativa.

9.3 O caráter normativo dos modelos abstratos

Assim como diversos outros filósofos da ciência, Ronald Giere (1990, cap. 6) levanta o problema da racionalidade dos cientistas em sua atividade. Tradicionalmente, a ciência é apontada como uma atividade basicamente racional, atividade na qual as decisões são tomadas com os melhores critérios possíveis, isto é, critérios que derivam de valores exclusivamente epistêmicos ou cognitivos.⁵ Essa concepção tem sido questionada, por sua vez, por inúmeros autores, entre eles o próprio Giere, que recorre à noção alternativa de racionalidade *limitada* ou *restrita* (*bounded rationality*) defendida por Herbert Simon (1945; 1996, cap. 2), para sustentar que os cientistas tomam suas decisões não em termos de *maximização*, mas de *satisfação*, inclusive as decisões que dizem respeito à escolha de modelos (GIERE, 1990, p. 160s).

A noção de racionalidade restrita, ou *condicional*, ou *instrumental*, defendida por Simon, é a de que o comportamento ra-

⁵ Não temos, obviamente, a pretensão de tratar exaustivamente da questão da racionalidade nas ciências, o que é uma tarefa hercúlea, mas vamos discutir o assunto na última seção deste capítulo, seguindo a distinção proposta por Popper entre a racionalidade enquanto atitude – que é aquela que o cientista deve ter – e a racionalidade enquanto princípio, um princípio falso, segundo Popper, que o formula em termos semelhantes à noção de racionalidade condicional comentada logo abaixo, noção devida a Simon.

cional é apenas o comportamento dirigido para alcançar determinado fim. Ou seja, o comportamento racional é aquele que procura os meios para alcançar um fim predeterminado. Segundo Giere, como os cientistas sempre trabalham com modelos tendo certos fins predeterminados específicos, seu comportamento é racional dessa forma condicional ou instrumental, o que os torna agentes que procuram a satisfação e não a maximização do resultado, que seria a forma de encarar a ação para as teorias tradicionais da ação racional.

A ideia de maximização, amplamente discutida na literatura, em economia e psicologia do comportamento, é a de que a ação racional, em termos mais gerais e intuitivos, seria aquela na qual o agente age em função do máximo proveito possível, mesmo que isso implique um ganho apenas a longo prazo. Ao contrário, a noção de satisfação, também em termos mais gerais e intuitivos, é a de que o agente procura o proveito que lhe parece adequado em determinada situação mais específica, mesmo que isso implique um resultado menos proveitoso.

De forma geral, a noção de satisfação ligada a essa concepção condicional da racionalidade é uma noção contextual. Pois é dentro de determinado contexto que certos fins podem ser determinados e os meios para alcançá-los escolhidos. Esses são elementos básicos de uma descrição dos processos de solução de problemas, daqueles processos cognitivos que encontramos na investigação científica, por exemplo. Assim, a investigação científica compreendida nesses termos de satisfação e racionalidade condicional e contextual é o tipo de investigação orientada por modelos abstratos que são empregados juntamente com outros recursos (como modelos de menor nível de abstração, observações e experimentos) para resolver determinados problemas. Tal pesquisa bem pode ser orientada também por teorias, mas ela ainda contará com modelos, aqueles que estão ligados a tais teorias.

Como veremos na última seção deste capítulo, Popper e Dewey, de diferentes formas, tratam ambos do tema da solução

contextual de problemas. A análise da pragmática de modelos é uma investigação com os mesmos objetivos. Além disso, a semelhança com algumas das análises de Thomas Kuhn em *Estrutura das revoluções científicas* (KUHN, 1987; 1970) não é acidental, pois Kuhn também tratou da solução de problemas (seus *quebra-cabeças*) no período de ciência normal de forma claramente contextual.

Os modelos científicos – em especial, claro, os modelos abstratos – são objetos culturais, objetos que só podem ser tomados nessa condição dentro de determinada cultura científica. Tais modelos se encaixam no contexto científico no qual poderão ser encarados como instrumentos para a solução de determinados problemas. E, desse modo, exibem não apenas seu caráter operacional, mas principalmente seu caráter normativo. A força normativa das teorias – ou, se preferirmos empregar o termo de Kuhn, *paradigmas*, no sentido de matriz disciplinar – sobre a investigação naquele período que ele denominou ciência normal é algo já bastante discutido. E, independentemente de sustentarmos ou não a distinção entre os períodos de ciência normal e de ciência extraordinária, como faz Kuhn, queremos discutir aqui a força normativa dos modelos dentro dos contextos científicos de investigação.

Em termos então de racionalidade condicional, um modelo adotado pelos cientistas de determinada especialidade orienta a pesquisa de diversas formas, como, por exemplo, apontando modelos concretos, quando for o caso, e os modelos-ponte que, assim, vão se tornar necessários para alcançar o fim pretendido na investigação, isto é, a solução de determinado problema.

O modelo abstrato orienta a pesquisa, em primeiro lugar, porque é o projeto de uma máquina nomológica. Desse modo, ele preside à atividade de elaborar os projetos executivos (ou modelos de execução, que são modelos-ponte) que vão orientar, por sua vez, a construção de modelos concretos ou digitais. Mas, em segundo lugar, esses modelos de menor grau de abstração – os modelos-ponte – e os modelos concretos e digitais se destinam, como dissemos, ao estudo do modelo científico como máquina

nomológica abstrata. Ou seja, não apenas de forma genérica podemos dizer que o modelo abstrato normatiza a investigação que emprega os outros tipos de modelos, mas para isso normatiza a ação dos investigadores que empregam todos esses tipos de modelos, aquele modelo cujo estudo é o fim da investigação (o modelo abstrato) e aqueles que são os meios para realizar tal estudo (os modelos concretos e os modelos-ponte).

Dado seu caráter social e cultural – isto é, o fato de que, uma vez propostos, os modelos abstratos são objetos culturais socialmente compartilhados –, sua normatividade resulta de seu caráter institucional. Eles são parte daquilo que tácita ou explicitamente um investigador aceita quando se engaja em um projeto de pesquisa. E por isso ele, o investigador, não pode simplesmente alterar os modelos *a seu bel prazer*, ou ignorá-los, assim como o historiador da arte não pode ignorar um artista do calibre de Leonardo da Vinci ou um de seus quadros famosos, como a *Mona Lisa*. O investigador tem que partir do modelo socialmente compartilhado, da compreensão também já socialmente compartilhada a seu respeito; as possíveis modificações na forma de compreender tal modelo têm de resultar de processos de investigação criteriosa e de argumentação convincente.

O mesmo vale, obviamente, para as próprias teorias científicas com as quais os modelos possam porventura estar ligados. Claro que um cientista sempre pode propor uma teoria nova ou um modelo novo, mas vai fazê-lo, por sua vez, respeitando outros objetos culturais ou científicos já dados em sua comunidade e o entendimento a seu respeito. Caso contrário, sua suposta investigação científica não vai ser levada a sério. Em outras palavras, não há ciência privada, assim como não há linguagem privada. E se não há objetos culturais privados em geral, então todo nosso trabalho é sempre normatizado pela existência prévia de tais objetos culturais, inclusive teorias e modelos, ainda que tais objetos culturais tenham uma realidade perspectivista, como vimos no capítulo anterior. Mas seu caráter perspectivista não diminui em nada – ao

contrário, de fato, apenas aumenta – seu caráter normativo sobre nossas investigações.

9.4 As relações entre modelos

Ao discutir as relações entre modelos e teorias científicas, Ronald Giere (1990, p. 78s) diz que a relação entre um modelo e um sistema real não pode ser uma relação de verdade ou falsidade, uma vez que nem o modelo, nem o sistema real são entidades linguísticas. Diferentemente, diz o autor, a relação entre o modelo e o sistema real que ele representa deve ser uma relação de similaridade, que quando alegamos que determinada hipótese científica é *verdadeira* (a hipótese pode ser verdadeira, de fato, segundo o ponto de vista de Giere, uma vez que ela é expressa em uma proposição), o que alegamos é que há maior ou menor grau de similaridade entre o modelo e o sistema real que ele representa.

Deixemos os detalhes técnicos de lado, uma vez que, estritamente falando, se uma hipótese pode ser verdadeira porque é expressa em uma proposição, do mesmo modo, por extensão e analogia, um modelo também poderia ser dito *verdadeiro*, uma vez que pode ser descrito por proposições verdadeiras, isto é, proposições que estão de acordo com aquelas que, por sua vez, descrevem o sistema real do qual pretendemos que o modelo seja uma representação ou, melhor dizendo, um *representante*. De qualquer forma, a posição mantida por Giere é sugestiva a respeito do papel dos modelos na investigação científica, de suas relações com as próprias teorias e com os sistemas reais com os quais tais modelos estão relacionados. Podemos então acrescentar que o mesmo tipo de relação *hipotética* e *de similaridade* ou *analogia* existe entre o modelo mais abstrato e os outros modelos com os quais ele está correlacionado, como modelos-ponte e modelos concretos. Os modelos concretos já são sistemas reais, no sentido indicado por Giere; eles também guardam uma relação de similarida-

de para com o sistema propriamente real, isto é, o sistema encontrado no mundo e que pretendemos representar e estudar.

Procuremos analisar um pouco mais detidamente então essas relações entre os diferentes tipos de modelos e o suposto *sistema real* que eles representam. Na verdade, vamos nos dar conta de que o sistema que é nosso objeto principal de estudo é o modelo de maior grau de abstração, isto é, o modelo-réplica. Todos os outros modelos com ele correlacionados, inclusive o suposto *sistema real* (ou *concreto* – ou seja, aquele sistema em tamanho natural e localizado no espaço e no tempo), são meios para seu estudo. Por exemplo, tomemos o modelo ideal do plano inclinado segundo a mecânica clássica. Temos aí um modelo-réplica que está correlacionado, por analogia e similaridade, com diversas situações concretas, no espaço e no tempo, como as mais diversas rampas nas quais podemos fazer deslizar um corpo. Suponhamos então (i) uma rua inclinada na qual desliza uma pedra, (ii) uma tábua lisa, num laboratório de física experimental, sobre a qual fazemos deslizar um pedaço de madeira e (iii) o modelo-réplica ou modelo ideal do plano inclinado. Qual desses modelos é o modelo *eminentemente científico* que desejamos estudar e quais deles são apenas ferramentas ou dispositivos auxiliares para empreendermos tal investigação? Qual deles é o sistema físico *real* cujo comportamento desejamos conhecer?

Uma resposta teoricamente orientada para tais questões é que o modelo científico é o modelo-réplica, que ele é o sistema físico que desejamos estudar, uma vez que é ele que exhibe as leis da mecânica clássica de forma exata. Os outros dois sistemas concretos, localizados no espaço e no tempo, a rua inclinada e a tábua do laboratório, são também planos inclinados e também são sistemas físicos – concretos, é claro –, mas cujo comportamento é entendido em analogia com o modelo-réplica. Eles também são objeto de estudo científico, na medida em que pode ter sido a observação de ocorrência neles que nos despertou para uma pesquisa desse tipo. Mas, como sustentamos antes neste capítulo, o mo-

delo-réplica é que tem de ser, propriamente falando, nosso objeto central de interesse.

Na verdade, todos os três sistemas desse exemplo são sistemas físicos *reais*, embora em diferentes sentidos do termo “real”. O modelo-réplica é real no sentido perspectivista que discutimos no capítulo anterior; o sistema da rua inclinada é real no sentido material comum do termo “real”; e o sistema da tábua no laboratório, além de ser real nesse mesmo sentido, é também *artificial* no sentido de que com ele procuramos uma aproximação maior do sistema ideal, o modelo-réplica. Esse sistema do laboratório permite simulações e observações que os sistemas comuns, fora do laboratório, não permitem. Mas o que, em última instância, também explica seu comportamento, por analogia, uma vez que tenhamos elaborado e estudado o modelo-réplica, é esse último.

Apesar então de os modelos-réplica possuírem essa posição central e fundamental na investigação científica, como temos dito, e apesar de eles serem, de fato, o objeto científico de estudo por excelência, como também temos enfatizado, a relação entre os modelos-réplica e os sistemas de menor grau de abstração e os sistemas concretos é mais íntima do que podemos suspeitar. O papel desempenhado pelos sistemas concretos e pelos sistemas representados em modelos-ponte é mais importante do que as observações acima possam sugerir e, de fato, também indispensável na investigação científica. O que nos permite entender esse aspecto da relação entre os sistemas mais abstratos e os sistemas concretos ou menos abstratos com os quais eles estão correlacionados é a noção de cognição distribuída, defendida por Edwin Hutchins (1996, esp. cap. 3 e 4), que é também assumida e defendida por Giere (2006, cap. 5).

A noção de cognição distribuída pressupõe a noção antropológica de divisão do trabalho. Na verdade, trata-se de aplicar a noção de divisão do trabalho aos contextos cognitivos e, com isso, constatar que determinados processos cognitivos só podem ser realizados com a colaboração de diferentes indivíduos, que apenas

um indivíduo não poderia realizar o mesmo trabalho cognitivo sozinho e que, assim, o que temos de considerar um *sistema cognitivo* não é o indivíduo humano, como normalmente a ortodoxia nas ciências cognitivas atuais pressupõe, mas o grupo humano juntamente com determinados instrumentos que, para algumas finalidades, ele deve utilizar. Os modelos concretos e digitais, a nosso ver – embora nem Hutchins, nem Giere mencionem isso (uma vez que eles não trabalham com essa variada tipologia de modelos que estamos propondo) –, são parte desse instrumental necessário aos sistemas de cognição distribuída.

Hutchins apresenta sua noção de cognição distribuída baseada na divisão do trabalho nos seguintes termos:

Assim, um tipo particular de organização social permite que os indivíduos combinem seus esforços de forma a produzir resultados [...] por meio [desses] esforços cooperativos dos indivíduos trabalhando em grupos socialmente organizados. [...]

Todas as divisões de trabalho, seja físico, seja cognitivo em sua natureza, requerem a cognição distribuída para coordenar as atividades dos participantes. [...] Em tal caso, o grupo que realiza a tarefa cognitiva pode possuir propriedades que diferem das propriedades cognitivas de qualquer indivíduo (HUTCHINS, 1996, p. 175-176).

A questão central que essa concepção pressupõe é então aquela a respeito do que nos levaria obrigatoriamente a atribuir ao sistema cognitivo social – isto é, o conjunto de diversos indivíduos realizando uma tarefa que, aparentemente, não poderia ser realizada por apenas um indivíduo – propriedades que não poderiam ser atribuídas a algum indivíduo pertencente ao grupo que realiza tal tarefa. Hutchins adota uma perspectiva cognitivista heterodoxa, isto é, uma perspectiva que, embora *cognitivista* (porque está voltada para explicar determinados processos cognitivos como processamento de informação e manipulação de representações), não é mentalista, mas externalista ou, como preferimos chamar,

ambientalista, distinguindo-se também da perspectivista behaviorista tradicional, como, por exemplo, aquela defendida por Skinner. Hutchins afirma a esse respeito:

Com os sistemas de cognição distribuída, *podemos* entrar no sistema cognitivo e mesmo que alguns processos subjacentes (dentro das cabeças das pessoas) permaneçam obscuros, muito da organização interna e operação do sistema é diretamente observável. Segundo essa concepção, poderia ser possível ir muito longe numa ciência cognitiva que não seja nem mentalista (permanecendo agnóstica sobre a questão das representações “na cabeça”), nem behaviorista (permanecendo comprometida com a análise do processamento de informação e a transformação de representações “dentro do sistema cognitivo”) (HUTCHINS, 1996, p. 129).

Para essa concepção ambientalista ou externalista, sendo o sistema cognitivo o grupo e a instrumentação que ele utiliza, o processamento de informação e a transformação de representações, como diz Hutchins – os processos cognitivos que queremos estudar –, são acontecimentos em grande medida observáveis, ou pelo menos podem ser descritos em grande parte em termos puramente observacionais. Na verdade, do ponto de vista epistemológico, a questão é como calibrar a análise de forma a identificar corretamente o sistema, isto é, de forma a encontrar os elementos participantes pertencentes a um possível sistema externalizado de cognição distribuída e a poder caracterizá-los como partes de uma organização que tende a determinado fim, isto é, a realizar uma tarefa. A esse tema, de forma mais geral para as ciências humanas, retornaremos no próximo capítulo.

Quando associamos então essa noção de cognição distribuída com a que vimos antes de racionalidade condicional, temos uma ferramenta intelectual para a identificação dos sistemas de cognição distribuída. Isso não está nos textos dos autores aqui mencionados (Simon, Giere e Hutchins) propriamente, mas é o que propomos como a base de nossa análise da pragmática da in-

investigação com modelos e, na verdade, da investigação científica em geral. Em outras palavras, temos um sistema de cognição distribuída quando *identificamos determinados indivíduos realizando coletivamente uma tarefa cognitiva, isto é, procurando alcançar determinado fim relacionado com o processamento de informação e de certas representações, seja para alcançar um resultado prático, seja para alcançar um resultado teórico, mas de tal forma que apenas algum desses indivíduos não poderia sozinho realizar a tarefa, nem sem a instrumentação necessária*. Assim, um sistema de cognição distribuída pode ser muito reduzido, consistindo, por exemplo, em apenas dois indivíduos humanos realizando uma tarefa física rudimentar, como dois indivíduos martelando o mesmo prego, como diz Hutchins (1996, p. 176), ou apenas um indivíduo fazendo uma multiplicação com o auxílio de lápis e papel, como diz Giere (2006, p. 97). O caso mais complexo e mais significativo, que, aliás, deu origem às análises e aos argumentos de Hutchins, como ele descreve detalhada e longamente nos diversos capítulos de seu mencionado livro, *Cognition in the Wild* (1996), é o da pilotagem de navio, ou seja, do grupo de profissionais dentro de um navio que realiza as manobras para fazê-lo entrar em um porto.

Um aspecto também importante dos sistemas de cognição distribuída, segundo Hutchins (1996, p. 189s), é que as atividades dos membros do sistema e o processamento por eles da informação e a manipulação de representações se dão de forma paralela. Isso não significa que não haja algum tipo de execução mais centralizada em relação ao objetivo a ser atingido, mas não impede que o sistema seja, em última instância, descentralizado, no sentido de que os demais elementos ou partes do sistema não são apenas *periféricos*, digamos, em relação a um comando central. Por exemplo, o piloto do navio pode executar diretamente as manobras, agindo sobre os mecanismos correspondentes de direção, mas ele não faz isso sem as informações fornecidas pelo navegador e pelos observadores laterais, por exemplo. Além disso, como enfatiza Hutchins, nos sistemas bem projetados, o processamento

da informação por parte de cada um dos elementos, embora paralelo, não é exclusivo. Ou seja, há certo recobrimento entre as ações dos diferentes agentes dentro do sistema cognitivo, o que permite corrigir falhas e substituir certos agentes por outros, assumindo pelo menos parcialmente suas funções no sistema. Mesmo que o mesmo objetivo, em outras circunstâncias – e, portanto, em outros sistemas cognitivos –, possa ser atingido por apenas um agente humano, isso não anula o fato de que em certos sistemas o objetivo só é atingido coletivamente e com um processamento paralelo da informação.

Esse critério para identificar sistemas de cognição distribuída não é infalível, obviamente, nem sugere que os mesmos elementos não possam figurar em outros sistemas ou formas de organizá-los analítica e conceitualmente. Encontrar e descrever um sistema de cognição distribuída, em última instância, a nosso ver, é como apontar um sistema intencional tal como Dennett (1996) entende o assunto. O sistema que é descrito como sistema intencional pode também ser descrito de outro modo (física ou então projetivamente), mas o descrevemos como um sistema intencional porque temos alguma boa razão – ou prática, ou teórica – para tanto. Do mesmo modo, descrevemos um sistema de cognição distribuída com base na noção de racionalidade condicional porque temos uma boa razão para isso. Uma boa razão – a melhor, como aponta Hutchins – é o fato de que percebemos que a tarefa cognitiva em questão não poderia ser realizada por apenas um indivíduo, ou seja, o suposto sistema cognitivo *deve* envolver algo mais, ou outros indivíduos, ou determinados instrumentos, como no caso da pilotagem de um navio para fazê-lo entrar em um porto.

É desta forma que encaramos a atividade científica que emprega modelos abstratos e modelos concretos, para nos atermos ao que seriam os dois polos dessa atividade. Segundo Hutchins, uma comunidade científica pode ser encarada como um grande sistema de cognição distribuída (1996, p. 241). Além de ser

uma atividade possível apenas de modo social e compartilhado, como é em geral a atividade científica, o trabalho cognitivo que envolve modelos abstratos frequentemente requer o uso de modelos concretos. Não requer ou talvez possa ser realizado sem esses últimos naqueles casos de experimentos imaginários, como vimos no capítulo 7, mas requer em muitos outros casos, isto é, naqueles em que o estudo do modelo abstrato pode ser realizado apenas com a mediação de modelos concretos, como nos casos em que é preciso fazer simulações, como também discutimos no capítulo 7. Nesses casos, o estudo dos modelos abstratos só é possível por meio de modelos ou concretos, ou digitais. Nesses casos, temos necessariamente um sistema de cognição distribuída. Como esses casos são importantes não apenas para finalidades práticas, como a construção de artefatos concretos segundo determinado projeto, mas também para finalidades teóricas, como a realização de experimentos, a atividade científica com modelos envolve sempre necessariamente sistemas de cognição distribuída.

Mais que isso, dadas as noções de cognição distribuída e de racionalidade condicional, temos uma ferramenta intelectual importante cujo uso é amplo na análise da pragmática da investigação científica. De forma então mais geral, na medida em que os modelos de maior ou menor nível de abstração estão interconectados e na medida em que tais modelos são elaborações nossas, socialmente realizadas e compartilhadas, e ainda na medida em que sua realidade é perspectivista, como vimos no capítulo 8, os contextos científicos (assim como outros) em que há o uso de modelos (abstratos, concretos, digitais, vivos, executivos etc.) são sempre contextos de cognição distribuída.

Assim, a associação das noções de realidade perspectivista, de racionalidade condicional e de cognição distribuída nos dá uma nova imagem da atividade científica e da pesquisa mediante o uso de modelos – a imagem de uma coleção de sistemas de cognição distribuída, mais ou menos amplos, nos quais temos pelo menos um cientista e o modelo abstrato que ele estuda. Esse sis-

tema também é um sistema de cognição distribuída uma vez que, como vimos no capítulo 8, não podemos localizar o modelo *na cabeça do cientista*, já que não se trata de um modelo mental, mas de um modelo abstrato.

Os modelos mentais, tal como analisa detalhadamente Johnson-Laird (1995), também podem ter lugar numa análise como esta, mas não necessariamente, uma vez que, como argumenta Hutchins, se adotamos uma perspectiva ambientalista como aquela que ele sugere, então podemos permanecer agnósticos sobre os possíveis processos cognitivos que possam ocorrer *dentro da cabeça* e ficar apenas com os processos cognitivos externos ou ambientais, isto é, aqueles do sistema de cognição distribuída.

Essa noção de cognição distribuída se revela também um poderoso instrumento de análise daquelas situações já discutidas por diversos filósofos e que alguns deles, como Popper e Dewey, denominam situações de solução de problemas. Para terminarmos este capítulo, vamos examinar o padrão de pesquisa discutido por Popper e por Dewey, cada um a seu modo.

9.5 O padrão da pesquisa científica

No texto O princípio de racionalidade, Popper (2010c; 1985c) discute o referido princípio em sua relação com a elaboração de modelos, em especial nas ciências humanas. Embora o autor não apresente uma tipologia mais desenvolvida dos modelos científicos e nem discuta mais detalhadamente o papel dos modelos na atividade científica, como outros autores o fazem e como temos procurado fazer neste livro, ele apresenta uma distinção interessante para podermos relacionar o princípio de racionalidade com a *análise situacional* ou, como ele também se refere ao tema, a *lógica situacional*.

Popper distingue primeiro entre as situações de explicar eventos *singulares* (como a ocorrência do próximo eclipse lunar

para o caso das ciências naturais ou, para o das ciências humanas, o aumento da taxa de desemprego em determinada região – exemplos dele) e modelos destinados a explicar *espécies* de eventos (como a ocorrência de eclipses lunares sempre na fase de lua cheia ou o aumento e a diminuição sazonal do desemprego na construção civil – seus exemplos também). No primeiro caso, podemos dispensar os modelos, enquanto que, no segundo, a solução do problema vem muito mais facilmente com modelos. Segundo o autor, os modelos reúnem situações ou condições típicas (POPPER, 2010b, p. 349s; 1985c, p. 357s).

Segundo Popper, além disso, os modelos científicos não apenas incorporam as condições iniciais típicas daquele tipo de circunstância ou evento que queremos explicar, mas também leis, para podermos reproduzir o comportamento do sistema em questão. E no caso das ciências humanas, diz Popper:

[...] podemos construir nossos modelos por meio da *análise situacional*, que nos fornece modelos (toscos, mas eficazes) de situações sociais típicas. Minha tese é que só dessa maneira podemos explicar e compreender o que acontece na sociedade, os eventos sociais (POPPER, 2010b, p. 350; 1985c, p. 358).

A questão que Popper então examina é sobre o que, no caso das ciências humanas, tomaria o lugar das leis universais que podemos ter nas ciências naturais, como a física. Segundo ele, trata-se justamente do princípio de racionalidade. Assim como, no caso de um modelo físico, que explicaria os eclipses, por exemplo, modelo no qual encontramos as leis da mecânica newtoniana, no caso de um modelo social, o que normalmente se supõe é que o que “animaria” o modelo, isto é, permitiria reproduzir o comportamento do sistema, seriam supostas leis da psicologia humana – o que é um erro no entender de Popper, erro que ele também discute no texto A autonomia da sociologia (POPPER, 2010b; 1985b).

É nesse outro texto que Popper apresenta a lógica situacional ou um padrão de investigação para as ciências sociais, con-

trapondo-se ao ponto de vista que ele denomina *psicologista*, termo que empresta de Husserl e, curiosamente, concordando com Marx. Segundo Popper, esse último também viu corretamente que os eventos sociais não podem ser explicados com base nos eventos psicológicos, mas que a relação correta entre os dois tipos de eventos é a inversa, isto é: os eventos sociais é que devem explicar os eventos psicológicos.⁶ Popper apresenta a lógica situacional da seguinte maneira:

A análise das situações, a lógica situacional, desempenha um papel importantíssimo na vida social, assim como nas ciências sociais. Constitui, na verdade, o método de análise econômica. Para dar um exemplo fora da economia, refiro-me à “lógica do poder” que podemos usar para explicar os gestos da política de poder e o funcionamento de algumas instituições políticas. O método de aplicar uma lógica situacional às ciências sociais não se baseia em nenhuma suposição psicológica sobre a racionalidade (ou irracionalidade) da “natureza humana”. Ao contrário, quando falamos em “comportamento racional” ou em “comportamento irracional”, referimo-nos a um comportamento que concorda ou não com a lógica da situação em causa. Como Max Weber assinalou, a análise psicológica de um ato em termos de suas motivações (racionais ou irracionais) pressupõe que antes tenhamos elaborado algum padrão do que deve ser considerado racional na situação em exame (POPPER, 2010b, p. 345; 1985b, p. 353-354).

Assim, segundo Popper no primeiro texto citado (O princípio de racionalidade), o uso da análise situacional permite mostrar que o psicologismo erra de duas maneiras, a saber: primeiro, porque as experiências psicológicas concretas (como desejos, es-

⁶ Popper, contudo, como se sabe, se opõe a Marx (assim como a Platão e a Hegel) a outros respeito, entendendo que tais autores defendem formas de sociedade fechada, enquanto que ele, Popper, deseja defender a sociedade aberta. Cf. POPPER, 1971a para as críticas de Popper a Platão e 1971b para suas críticas a Hegel e a Marx.

peranças e tendências – eventos do Mundo 2) são substituídas pela análise situacional por elementos situacionais abstratos e típicos (como metas e conhecimentos – entidades do Mundo 3); segundo, o que explica o comportamento dos agentes em uma situação social é apenas a pressuposição de que eles agirão de maneira adequada para com a situação em questão – justamente o princípio de racionalidade (POPPER, 2010c, p. 351; 1985c, p. 359).

Esse princípio de racionalidade ou *princípio de adequação da ação apropriada à situação*, diz ainda Popper (2010c, p. 352s; 1985c, p. 362s), é falso ou, mais precisamente, quase vazio, uma vez que contém apenas a ideia de que os agentes agem de acordo com a situação, isto é, o modelo. E por isso Popper também o denomina *princípio zero*. O modelo da situação a ser estudada já contém todos os elementos abstratos para explicar o que o agente faz, uma vez que presume exatamente que o agente entende o que está implícito na situação em que ele age. Em outras palavras, resumidamente, o que Popper sustenta é que nesse tipo de modelo para as ciências humanas construímos a situação de forma abstrata de modo a tornar a ação do agente compreensível, isto é, adequada à situação tal como ela é descrita pelo próprio modelo.

Ora, esse princípio é, em última instância, aquele a que nos referimos como princípio de racionalidade condicional, ao mencionarmos antes neste capítulo a posição de Simon e Hutchins. Deste modo, Popper nos ajuda a compreender que a racionalidade condicional resulta da própria construção de modelos das situações de ação dos indivíduos. A racionalidade condicional é diferente, diz Popper (2010c, p. 356; 1985c, p. 365), da racionalidade como atitude, que deve caracterizar não apenas os cientistas, mas as pessoas de bom senso. No próximo capítulo vamos discutir mais detalhadamente, a partir desse padrão apontado por Popper, os modelos nas ciências humanas, quando retornaremos ao tema do psicologismo mencionado acima. Mas aqui vamos tomar apenas o próprio padrão indicado por Popper, isto é, a atividade

típica de elaborar modelos, seja nas ciências humanas, seja nas ciências naturais, de forma a reproduzir uma situação típica.

Em última instância, podemos dizer que esse método de resolver problemas por meio de modelos consiste sempre em construir uma situação típica, nela incluindo tudo o que seria necessário para compreender o funcionamento do sistema assim resultante. Em outras palavras, a investigação seguiria o padrão de construir máquinas nomológicas. Se adotarmos o ponto de vista de Popper, a única diferença relevante entre o uso dos modelos ou nas ciências naturais, ou nas ciências humanas será então que, nas primeiras, os enunciados nomológicos que descrevem o comportamento do sistema são leis da natureza, enquanto que, nas ciências humanas, é o princípio de racionalidade – de racionalidade condicional, como diz Simon. Neste último caso, o que temos é também uma descrição nomológica do comportamento do sistema, da situação social, uma vez que, dada a mesma circunstância típica, teremos o mesmo comportamento dos agentes – o que é o pressuposto fundamental da atividade de formular modelos nas ciências sociais.

Assim sendo, a análise situacional é o mesmo padrão em qualquer atividade de elaborar modelos, seja para os fenômenos naturais, seja para os eventos sociais. Os diferentes modelos resultantes – ao seguirmos o mesmo padrão – são diferentes apenas porque incorporam diferentes enunciados nomológicos. Mas em todos os casos, igualmente, eles exibem aquela situação descrita no modelo como uma situação de comportamento recorrente, dadas as mesmas condições iniciais, isto é, descrevem o comportamento ou funcionamento do sistema como máquina nomológica. Como vamos discutir no próximo capítulo, nas ciências humanas, a única dificuldade que pode haver a mais do que nas ciências naturais como as conhecemos até hoje seria a de encontrar os adequados enunciados nomológicos. Mas a análise situacional é a mesma em todos os casos de elaboração de modelos científicos.

Discutimos esse padrão do comportamento investigativo na elaboração e no uso de modelos em outra obra já citada (DUTRA, 2020, cap. 8), onde analisamos também o padrão de investigação e solução de problemas proposto por Dewey. Para terminar esse capítulo, vamos voltar a esse tema para podermos destacar um dos aspectos presentes na concepção de Popper de análise situacional que, a nosso ver, também está na concepção de Dewey, a saber, que os elementos relevantes do problema e da situação descrita no modelo que é apresentado para sua solução são todos situacionais.

Em seu livro *Logic: The Theory of Inquiry* (1991, cap. 6, p. 105s), Dewey apresenta um padrão ou estrutura comum a toda investigação, isto é, aos procedimentos ou passos que damos para resolver um problema, o que vai nos conduzir de uma situação problemática ou indeterminada à corroboração de uma hipótese. Os passos que constituem tal padrão são os seguintes:⁷

- (1) uma situação indeterminada de dúvida, na qual uma questão é colocada;
- (2) a constituição de um problema, isto é, perceber que aquela situação requer investigação;
- (3) a determinação da solução para o problema, ou seja, a indicação da possibilidade de solução do problema (uma hipótese) e as direções em que isso pode ser feito;
- (4) o raciocínio, ou o desenvolvimento das implicações ou consequências da hipótese ou solução aventada; e
- (5) a corroboração (ou verificação) da hipótese levantada, por meio de experimentação e observação ulterior.

⁷ Cf. também DUTRA, 2020, cap. 8, assim como a outra obra de Dewey (1986, p. 120s), *How We Think*, e ainda DUTRA, 2001a, cap. 3.

Não vamos discutir aqui detalhadamente cada um desses momentos do processo investigativo, o que já fizemos na outra obra mencionada, mas apenas ressaltar o fato de que para Dewey é a *situação* que é indeterminada ou duvidosa e não – diretamente – o indivíduo que investiga. Ele diz:

É a situação que possui esses traços [de indeterminação]. Nós estamos em dúvida porque a situação é inerentemente duvidosa. Os estados pessoais de dúvida que não são invocados por situações existenciais ou não são a elas relativos são patológicos; quando eles são extremos, constituem a mania de duvidar. Consequentemente, as situações que estão perturbadas ou são problemáticas, confusas ou obscuras não podem ser resolvidas, esclarecidas ou colocadas em ordem pela manipulação de nossos estados mentais pessoais. [...]

O hábito de tratar do que é duvidoso como se isso pertencesse apenas a *nós*, em vez de pertencer à situação existencial na qual estamos inseridos ou implicados, é uma herança da psicologia subjetivista.

É, portanto, um erro supor que a situação é duvidosa apenas em um sentido “subjetivo”. A noção de que, em sua existência real, qualquer coisa está completamente determinada se tornou questionável pelo próprio progresso das ciências físicas. E mesmo que não fosse assim, a determinação completa não se sustentaria para as existências enquanto um *ambiente*. Pois a natureza é um ambiente apenas enquanto está envolvida na interação com um organismo, ou eu, ou qualquer que seja o termo utilizado (DEWEY, 1991, p. 109-110; itálicos e aspas no original).

Assim, Dewey adota a mesma perspectiva não subjetivista ou não psicologista adotada por Popper e concebe as situações que requerem explicação ou que representam um problema a ser resolvido, mesmo que seja apenas ou preponderantemente de forma teórica, como aquilo sobre o que deve incidir nossa análise, e não determinados estados mentais. Em outras palavras, nós apenas resolvemos problemas quando estamos inseridos em situações problemáticas, o que quer dizer que os modelos que elabo-

ramos são produzidos sempre em situações de investigação socialmente dadas.

Dessa forma, seguindo então ao mesmo tempo as ideias de Popper e de Dewey a respeito da análise situacional, assim como a noção de cognição distribuída (de Hutchins, também defendida por Giere), que vimos antes, podemos dizer que o padrão de investigação que emerge é o de construção de modelos em situações científicas determinadas socialmente. É dentro de tais situações científicas *problemáticas*, para empregarmos a expressão de Dewey, que um problema surge e que sua análise conduz ao uso de um modelo já dado, por analogia, ou à elaboração de um novo modelo. Tal modelo é, em primeiro lugar, o modelo abstrato, como discutimos acima, mas depois ele requer também a elaboração de modelos-ponte e, em muitos casos, o uso de modelos concretos e digitais. Mas todos esses modelos são elementos dados na situação de investigação, situação construída socialmente por nós quando investigamos, mas que não é mudada pela mera ação – se possível – sobre nossas representações mentais pessoais.

Do ponto de vista pragmático, a investigação é um processo de cognição distribuída, um processo de remodelagem de um *sistema de cognição distribuída*, ou seja, é um procedimento no qual, dado um contexto (científico ou comum – um contexto cultural), emerge uma situação problemática. Numa investigação com modelos científicos, a solução desse problema consiste na remodelagem de um sistema de cognição distribuída, no qual, a partir de certas teorias, noções e modelos já dados, um modelo é empregado ou reformulado e aplicado ou um novo modelo é proposto. Assim sendo, os elementos que constituem esses *sistemas de cognição distribuída com o uso de modelos* (SCDMs) são:

- (1) teorias e noções compartilhadas, assim como outros objetos culturais pressupostos;
- (2) um modelo abstrato;

- (3) modelos-ponte: ou modelos de dados, ou modelos de execução;
- (4) o investigador, uma ou mais pessoas físicas, ou comunidade de pesquisadores;
- (5) a instrumentação empregada, inclusive modelos concretos e digitais, assim como outros recursos materiais.

Esse sistema de cognição distribuída da investigação com modelos científicos se encaixa em contextos culturais mais amplos e em sistemas sociais nos quais a atividade de pesquisa é realizada.⁸ Assim, como sustenta Hutchins, quando observamos o trabalho de um grupo de cientistas estamos dentro de um sistema de cognição distribuída. Além de sua constituição interna, acima indicada, as características ou propriedades mais fundamentais de um SCDM são as seguintes:

- (a) institucionalidade e normatividade;
- (b) racionalidade condicional;
- (c) molaridade e calibragem;
- (d) encaixamento.

Os dois primeiros pontos já foram suficientemente comentados acima. A molaridade e o encaixamento estão relacionados com a questão da calibragem ou dos critérios para sabermos incluir no sistema de cognição distribuída ou dele excluir quaisquer elementos ambientais. Em especial, o caso desse problema em relação a SCDMs nas ciências humanas será discutido no próximo capítulo. Todo contexto social, em princípio, é um sistema de cognição distribuída, uma vez que não há nenhuma ação humana que não pressuponha a cognição. A questão é identificarmos

⁸ Sobre o fenômeno do *encaixamento* de atividades práticas ou teóricas e, portanto, também investigativas, cf. DUTRA, 2006c e 2020, cap. 3.

então SCDMs em tais contextos sociais de investigação, isto é, sistemas desse tipo que empreguem modelos. O quanto mais ou menos amplo deve ser então o sistema identificado e estudado (o SCDM), essa é a questão da calibragem ligada à molaridade, o que pressupõe que todo SCDM deva incluir sempre algum elemento ambiental além do investigador. A nosso ver, ele sempre inclui, pois deve conter pelo menos um modelo abstrato que – sendo abstrato e não sendo, portanto, um estado mental ou cognitivo do investigador, como vimos no capítulo anterior – é distinto do investigador.

A questão do encaixamento é também um problema de molaridade e de identificar corretamente um sistema maior no qual um sistema menor está inserido. Dessa forma, em princípio, um SCDM pode ser parte de outro, caso em que não precisamos estudar os estados internos do SCDM menor, mas apenas daquele maior, do qual ele faz parte. Por exemplo, mesmo pressupondo que um ser humano é um SCDM (no qual os modelos poderiam ser estados cognitivos do sujeito e a cognição também estaria de certa forma *distribuída* pelos diversos subsistemas internos, fisiológicos ou cognitivos, como queiramos), podemos deixar sua análise de lado para estudar de forma mais molar o SCDM ambiental no qual o sujeito humano toma parte. E esse último, por sua vez, dados o caráter institucional da investigação e o encaixamento em um contexto social, é um subsistema de um sistema social e cultural mais amplo. É uma adequada análise da pragmática da investigação com modelos que deve então, mediante o uso da racionalidade condicional, dar respostas aceitáveis a tais perguntas. No caso das ciências humanas em geral, é o que faremos no próximo capítulo.

Modelos nas ciências humanas

Todos os objetos de estudo das ciências humanas envolvem a ação de indivíduos, obviamente. Direta ou indiretamente, as mais diversas situações sociais resultam da ação das pessoas, ou porque esses indivíduos atuam eles próprios sobre determinada circunstância, ou porque o fazem através de instituições. Como vimos no capítulo 8, todos os objetos culturais, inclusive as instituições, são criações nossas, ainda que tais objetos possuam autonomia e força normativa sobre a ação humana. Mas, em última instância, todas as situações sociais – envolvendo diretamente ou não instituições – são situações resultantes da ação das pessoas.

Ainda que reconheçamos, como é forçoso, que as instituições e os objetos culturais em geral possuem autonomia e força normativa sobre o comportamento das pessoas, por outro lado, devemos também reconhecer que as situações sociais não podem resultar da ação de um indivíduo humano isolado, que elas possuem sempre um caráter coletivo e institucional, pelo menos no sentido mínimo de envolverem mais de um ser humano e as formas de colaboração entre eles, inclusive sua comunicação, que essas formas de colaboração também são elementos institucionais da situação que os indivíduos. Mesmo assim, é sugestivo pensar que, em última instância, um contexto social pode ser reduzido aos indivíduos que o compõem e que talvez as propriedades das instituições que eles criam e através das quais agem derivem de propriedades ou capacidades dos indivíduos que as criam e que agem para que elas próprias, enquanto instituições, possam existir, funcionar e também, num sentido então derivado do termo, *agir* sobre os contextos sociais.

Os indivíduos humanos podem ser identificados ou por meio de critérios biológicos, ou por meio de critérios psicológi-

cos, digamos. A pele, como já dissemos, é uma fronteira natural que os separa do meio ambiente e seus repertórios individuais de comportamento são uma espécie de fronteira idealizada que os separa dos padrões coletivos de convivência e ação. Desse modo, é natural nos perguntarmos qual instância controlaria a outra, isto é, se é o indivíduo humano – identificado psicologicamente ou biologicamente – que, em última instância, possui o controle das situações sociais e instituições ou se, inversamente, são essas últimas que estão no controle do comportamento humano individual.

Esse é um problema teórico geral para as ciências humanas e não apenas para o tipo de psicologia que se interessa pelos supostos mecanismos ambientais de controle do comportamento individual, tal como essa problemática é compreendida, por exemplo, na tradição behaviorista. De forma mais geral, o controle da ação e as variáveis ligadas a esse controle são um problema central das diversas ciências humanas. Um estudo detalhado desse problema, nas diversas subáreas desse domínio de pesquisa, envolve questões metodológicas especiais e uma questão metodológica mais geral, que resulta diretamente do problema teórico aqui esboçado. Este capítulo se dedica à discussão desse problema metodológico geral das ciências humanas, tal como o formularemos a seguir.

10.1 A questão da calibragem

Antes de outras questões, vamos examinar uma de caráter meramente terminológico, mas que tem sua importância. Tomaremos como correferenciais as expressões “ciências humanas”, “ciências sociais” e “ciências culturais”, entendendo sempre as habituais disciplinas: economia, sociologia, ciência política, antropologia, psicologia, assim como história, isto é, uma boa parte das humanidades atuais. De forma similar, vamos também falar de eventos humanos, ou sociais, ou culturais, sempre no mesmo sentido. A ideia básica e intuitiva é que estamos nos referindo àque-

les acontecimentos que direta ou indiretamente dependem da ação humana ou dela resultam, ainda que essa seja apenas uma noção mais ou menos vaga e que não precise necessariamente, para os objetivos deste capítulo, ser tornada mais exata e mais bem definida.

Há um uso generalizado de modelos científicos nas ciências humanas, tal como essas estruturas foram caracterizadas nos dois últimos capítulos. Explicitamente, em especial na economia, os cientistas trabalham fundamentalmente com modelos. Mas em outras disciplinas, como a sociologia e a psicologia (seja essa última concebida como análise do comportamento, tal como na tradição behaviorista, seja como é entendida na psicologia cognitiva atual), mesmo que menos explicitamente, e mesmo na ausência de teorias mais abrangentes ou elaboradas – especialmente, na verdade, na ausência de tais teorias –, os cientistas fazem suas investigações basicamente por meio do uso de modelos. Como de uma forma mais localizada e detalhada já há certa literatura a esse respeito, não vamos dedicar este capítulo ao uso de modelos abstratos nas ciências humanas e às questões teóricas e metodológicas mais particulares que ele pode envolver.¹ Ao contrário, vamos procurar tratar de um dos problemas metodológicos mais gerais e recorrentes nesse domínio de pesquisa, um problema que pode ser recolocado, a nosso ver, de forma mais proveitosa recorrendo à noção de modelo científico que esboçamos nos capítulos precedentes.

¹ Há hoje, de fato, relativamente boas discussões a respeito do uso de modelos nas ciências humanas, como ilustram alguns dos textos reunidos no volume *Models as Mediators* (MORGAN; MORRISON, 1999). Cf. também os textos contidos na parte 3 do volume *Science without Laws* (CREAGER; LUNBECK; WISE, 2007). Cf. ainda GUALA, 2005, já comentado em capítulos precedentes e que tem como foco a economia. Esses textos tendem a enfocar as questões mais particulares relativas ao uso de modelos em uma ou outra das disciplinas pertencentes ao domínio das ciências humanas.

Como em outras áreas do saber humano, as ciências humanas possuem naturalmente diversos problemas metodológicos, isto é, problemas relativos à forma de encarar seu objeto de estudo e de escolher as estratégias investigativas para estudá-lo. Ou, em outras palavras, de forma mais simples e direta, esses são problemas sobre como formular adequadamente as perguntas de modo que elas possam receber respostas, dados os recursos conceituais a nosso alcance. Dado o que já sabemos, seja dos eventos específicos em tela, seja daqueles cujo conhecimento deve ser presumido para estudar os primeiros, determinadas questões podem ser levantadas, mas não respondidas, enquanto algumas o podem. Em parte, então, o segredo de uma investigação bem-sucedida em qualquer domínio consiste em saber desde início formular adequadamente as perguntas, isto é, formular aquelas que poderão receber respostas, tendo em conta nossos recursos conceituais e metodológicos.

Os eventos estudados pelas ciências humanas em geral – aqueles que denominaremos eventos *sociais* – nos parecem possíveis à primeira vista graças a (i) determinados eventos mentais ou psicológicos (das pessoas envolvidas em tais eventos sociais), a (ii) determinados eventos naturais ou físicos (ligados aos organismos das pessoas envolvidas nos eventos sociais e a suas relações com o ambiente natural) e, por fim, a (iii) determinados outros eventos sociais (com os quais forçosamente os eventos sociais que queremos estudar parecem ligados). Assim, ao estudarmos um evento social qualquer, parece que o conhecimento que já possuímos do comportamento das pessoas, do funcionamento de seu organismo e do contexto social no qual elas se encontram é o ponto de partida necessário – mas talvez não suficiente – para o entendimento daquele evento social a ser estudado. As diversas tendências e escolas metodológicas, nas diferentes ciências humanas ou sociais, têm se distinguido pelo tipo de combinação que afirmam ser ideal para o estudo dos eventos sociais, isto é, resumidamente, o quanto de *psicologia*, de *biologia* e das próprias *ciências humanas* propria-

mente deve haver como conhecimento pressuposto no estudo de um evento social qualquer.

Essa forma de colocar a questão pode sugerir que a psicologia não seria uma das ciências humanas, o que não é o que pensamos. De fato, algumas partes da psicologia se caracterizam claramente como disciplinas ligadas ao domínio das ciências culturais, enquanto outras estão mais ligadas ao domínio das ciências biológicas. Ora, de fato, o problema da calibragem que estamos discutindo se coloca especificamente em relação à própria psicologia, como já mencionamos no capítulo 8 e como voltaremos em parte a discutir abaixo, neste capítulo, ao comentarmos a ideia de lógica situacional, devida a Popper. Como ficará também claro em nossas discussões a seguir, de nosso ponto de vista, a psicologia é um campo de estudos claramente social, cultural ou humano, no sentido que estamos dando a esses termos aqui.

O problema metodológico acima aludido é aquele que vamos denominar *problema de calibragem* das ciências humanas, isto é, o problema de saber em que medida o entendimento de um evento social ou cultural depende do entendimento prévio de eventos psicológicos ou mentais, biológicos (neste caso, ou fisiológicos, ou evolutivos) e de outros eventos sociais já estudados e bem caracterizados. Esse problema metodológico, já mencionado no capítulo anterior, é pertinente e, de fato, constitui uma dificuldade adicional das ciências culturais em relação às ciências naturais, uma vez que qualquer evento social resulta da ação de seres humanos em um contexto social, mas seres esses que são influenciados por sua história pessoal e por sua constituição mental e biológica, assim como pelo meio social em que vivem.

As concepções reducionistas tendem a eliminar um ou mais desses três aspectos e a procurar calibrar seu estudo com base apenas em um ou outro deles. Assim, por exemplo, uma tendência materialista ou fisicalista (no sentido mais geral e vago do termo, hoje) seria aquela segundo a qual os eventos sociais estariam basicamente na dependência de aspectos mentais e biológicos

dos indivíduos envolvidos e que mesmo os alegados aspectos mentais dependeriam basicamente dos aspectos biológicos (ou fisiológicos, ou evolutivos). Ao contrário, em geral, uma tendência humanista, digamos, tenderia a fazer os eventos sociais dependerem basicamente de outros eventos sociais (ou políticos, ou econômicos, ou antropológicos, ou sociológicos, ou psicológicos etc.). E aqui pode haver tendências mais específicas, que ou combinem, ou excluam alguns desses aspectos sociais. E, por fim, de uma forma também genérica, há tendências que procuram combinar os aspectos psicológico, biológico e social, sem procurar excluir nenhum deles, embora possam privilegiar mais um ou outro, ou não, e, logo, calibrar a pesquisa de diferentes maneiras.

Neste capítulo procuraremos apresentar um *modelo geral para a geração de modelos* nas ciências humanas – ou um *metamodelo*, digamos – que privilegia o aspecto propriamente social ou cultural, mas que não se pretende reducionista como algumas tendências conhecidas.² Nossa abordagem não é reducionista porque não se apoia em uma teoria geral para as ciências humanas, mas apenas em uma análise da pragmática da investigação nesse domínio. O metamodelo que vamos sugerir não visa, portanto, a uma solução final para a pesquisa nas ciências humanas, mas a promover pesquisas mais bem-sucedidas – ainda que sempre falíveis – no entendimento das questões ligadas ao mundo humano. E tal metamodelo permite, em princípio, a inclusão de fatores psicológicos e biológicos, embora não exija especificamente sua inclusão. Permite, por exemplo, como veremos, a inclusão dos indivíduos humanos como subsistemas (psicológicos) de máquinas nomológicas sociais, uma noção que deverá também, obviamente, ser aqui

² Um *metamodelo* é simplesmente um *projeto* de modelos ou um *modelo* de modelos, isto é, um modelo de maior nível de abstração que serve de projeto para a elaboração de modelos de menor nível de abstração. Assim, um metamodelo é apenas um modelo abstrato de caráter mais metodológico que propriamente técnico.

esclarecida, presumindo a noção de sistemas de cognição distribuída, devida a Hutchins e já discutida em capítulos precedentes.

Outra dificuldade frequente ligada ao problema metodológico da calibragem nas ciências humanas resulta de encararmos de forma *realista* (e não instrumentalista, operacionalista e, logo, mais pragmática) e *determinista* a questão da causação dos eventos sociais, presumindo que, uma vez que é assim que, aparentemente, fazemos nas ciências naturais – algo hoje extremamente duvidoso e questionável, aliás –, é assim também que devemos fazer nas ciências humanas. Em outras palavras, a dificuldade seria a de não apontarmos falsas causas para os acontecimentos sociais, um problema similar àquele que ocorre, mais especificamente, no domínio da psicologia, quando tememos apontar falsas causas para os eventos mentais ou para aqueles ligados ao comportamento humano. A noção determinista que está associada a essa visão da causação é que, colocadas determinadas condições (ou sociais, ou biológicas, ou psicológicas), o evento social a ser explicado se seguiria como efeito de tais causas eficientes. Mas essa forma de encarar o problema da causação nas ciências humanas é completamente equivocada desde o início, uma vez que não pode haver evento social que não pressuponha determinadas condições sociais, o que faria com que o problema fosse trivializado, já que, em última instância, seriam sempre os fatores sociais mais remotos os responsáveis pela ocorrência de qualquer evento social – o que nos conduziria a uma forma ingênua de historicismo.³

Outras formas de trivializar esse problema seriam ou considerar que todo evento social presume a ação de seres humanos e, logo, estaria determinado pelos aspectos eminentemente psico-

³ Esse é o tema principal das discussões de Popper em *The Open Society and its Enemies* (POPPER, 1971a e 1971b) e de suas críticas a Platão, Hegel e Marx. Não vamos entrar nos detalhes desse tema, uma vez que é bem conhecido e já foi amplamente discutido na filosofia das ciências humanas décadas atrás, inclusive por Popper e seus seguidores, assim como por seus críticos, em especial aqueles pertencentes à tradição marxista.

lógicos de tais indivíduos (em especial suas opiniões, seus desejos e propósitos etc.), ou considerar que todo evento social é um evento produzido por seres vivos e, logo, estaria determinado pelos aspectos eminentemente biológicos de tais indivíduos (seja como resultado da própria evolução das espécies, seja como resultado da conformação neurofisiológica dos indivíduos). Essas são formas de trivializar o problema, porque, em última instância, é sempre verdadeiro que todo evento social resulta de fatores biológicos, psicológicos e sociais – e justamente por isso a concepção comum acima mencionada parte dessa constatação na discussão do tema. E se o que queremos é apontar as *verdadeiras* causas – e apenas elas – de cada evento social, evitando reificações indevidas, as ciências humanas em geral estarão sempre fadadas ao insucesso, porque estarão assumindo uma tarefa pesada demais e ingenuamente tola. Assim, essas formas de psicologismo ou de biologismo, assim como as de historicismo, não nos oferecem boas opções metodológicas.⁴

Não é que não desejemos evitar reificações indevidas, mas apenas que não vemos por que, necessariamente, apontar os fatores eminentemente sociais responsáveis por determinado evento social nos conduziria a reificações. Em parte, esse temor se eliminará na medida em que tivermos uma compreensão adequada da natureza dos eventos sociais, tal como discutimos no capítulo 8, mas em parte também na medida em que percebermos que retratar um evento social é situá-lo numa situação social na qual fatores diversos, de diferentes origens e naturezas, podem atuar. Ou, em outros termos, como pretendemos colocar o assunto neste

⁴ Vamos voltar a esse tema abaixo, ao discutirmos os comentários críticos de Popper em relação a Marx e o ponto em que, apesar disso, Popper concorda basicamente com Marx, como, aliás, já mencionamos no capítulo precedente. O tipo de historicismo discutido e criticado por Popper nessa e em outras obras é mais específico que aquele, mais genérico, a que aludimos e basicamente consiste na ideia de que os acontecimentos históricos instanciam uma tendência inexorável.

capítulo: o temor de cometer reificações indevidas se desfaz na medida em que esclarecemos a natureza dos modelos utilizados nas ciências humanas como sistemas sociais ou, mais especificamente, também como máquinas nomológicas.

Há outros problemas de calibragem que ainda ocorrem tanto nas ciências humanas, quanto nas ciências naturais, sendo um deles o de encontrar a combinação ideal entre causas próximas e causas remotas de um acontecimento. Às vezes, a pesquisa não é bem-sucedida porque se concentra em causas muito próximas, ou apenas próximas, desprezando causas mais remotas, ou vice-versa. Assim, o sucesso do entendimento de determinado acontecimento pode depender de uma combinação equilibrada de causas (mais) próximas e de causas (mais) remotas. E não há receita metodológica para isso. Apenas a pragmática da própria investigação a ser empreendida é que poderá conduzir a uma solução satisfatória.

Desse modo, podemos concordar com os que afirmam que os eventos evolutivos de nossa espécie são causas (muito) remotas dos eventos sociais (ou de alguns tipos básicos de tais eventos) atuais. E, igualmente, os eventos fisiológicos e psicológicos específicos de determinados indivíduos podem ser causas (mais) remotas ou (mais) próximas de determinados eventos sociais que queremos entender, do mesmo modo que são também causas ou mais remotas, ou mais próximas de tais eventos sociais outros eventos sociais (passados ou presentes). Assim, um metamodelo causal adequado para as ciências humanas deve permitir a inclusão de fatores causais desses tipos todos, conforme sua aparente relevância, embora não deva obrigar sua inclusão sempre. Mas nem todo modelo científico é propriamente causal nesse sentido e, assim, o metamodelo que pretendemos apresentar não é necessariamente apenas causal. Ele deverá ser, antes, *nomológico*, como dissemos acima, sendo, portanto, mais geral. Isto é, esse metamodelo deve se basear na ocorrência de enunciados nomológicos e na descrição de situações sociais como máquinas nomológicas, o que presume

que tais máquinas sociais possam possuir subsistemas internos que sejam mais eminentemente psicológicos ou biológicos, assim como também sociais de outra escala. E esclarecer esses pontos exige exatamente uma apresentação detalhada do próprio meta-modelo, que é um modelo e, logo, um tipo de estrutura ou sistema, assim como uma discussão mais geral das noções centrais aí empregadas.

10.2 Sistemas hierárquicos

Uma das ideias fundamentais de Herbert Simon para a fundamentação das ciências humanas é a de *sistema hierárquico*, como ele discute no capítulo 8 de seu *The Sciences of the Artificial* (1996, p. 183s). Um sistema hierárquico é aquele sistema composto de subsistemas inter-relacionados, de tal forma que, por assim dizer, o todo resulta *maior* que a soma das partes. Um sistema hierárquico é um tipo de sistema complexo e, em relação a esses, como diz Simon, “dadas as propriedades das partes e as leis de sua interação, não é uma questão trivial inferir as propriedades do todo” (1996, p. 184). Ora, justamente essa noção defendida por Simon permite evitar as formas de reducionismo no entendimento dos sistemas sociais, tal como dissemos acima.

Desse modo, se um sistema social é constituído de indivíduos humanos – o que normalmente é o caso, obviamente –, como numa instituição qualquer, as propriedades da instituição não resultam diretamente das propriedades dos indivíduos que a ela pertencem. Enquanto um sistema hierárquico, a instituição possuirá propriedades que devem ser encontradas por si e que só podem ser atribuídas ao todo e não a suas partes – os indivíduos humanos. Distinguindo, assim, as propriedades do sistema social das propriedades de suas partes, podemos entender por que determinadas instituições podem possuir propriedades que seus membros não possuem nem necessária, nem inteiramente. Determinada instituição pode ser justa, por exemplo, em suas ações

enquanto pessoa jurídica, embora seus membros não o sejam enquanto pessoas físicas, ou o contrário.

Por outro lado, trata-se de uma concepção nomológica dos sistemas sociais ou do ambiente social, digamos de forma mais genérica, o que, a nosso ver, não implica que tenhamos no domínio dos eventos sociais leis com o mesmo grau de precisão que aquele encontrado em algumas das ciências naturais, mas apenas enunciados nomológicos que expressam correlações funcionais e probabilísticas. Ou, em outros termos, dada certa descrição funcional e nomológica de um sistema (não apenas social, mas em geral), podemos inferir com alguma probabilidade seu comportamento futuro. E a possibilidade de prever o comportamento futuro de um sistema é também a possibilidade de controlá-lo. Como veremos abaixo, o problema do controle – que, por sua vez, está ligado àquele sobre as adequadas causas (mais próximas) de um evento – pode ser resolvido e de tal forma que nos permita mesmo alcançar um critério para calibrar a investigação sobre os sistemas sociais. Pois quando adquirimos algum controle sobre o comportamento de um suposto sistema temos razões para acreditar que pelo menos em grande medida identificamos as variáveis das quais seu comportamento depende e podemos, portanto, descrevê-las e correlacioná-las em enunciados nomológicos.

Contudo, seguindo essa ideia de Simon, caracterizar uma situação qualquer como um sistema hierárquico não é, por sua vez, algo tão simples e, metodologicamente, depende de determinadas condições que vamos examinar logo abaixo. Contudo, vejamos primeiro como o próprio Simon vislumbrou a possibilidade de aplicar essa noção ao domínio das ciências humanas em geral. Ele diz:

Já dei um exemplo de um tipo de hierarquia que encontramos frequentemente nas ciências sociais – uma organização formal. As empresas, os governos e as universidades, todas essas coisas possuem claramente uma estrutura que pode ser vista como partes dentro de partes. Mas as organizações formais não são os

únicos tipos de hierarquia social, nem mesmo os mais comuns. Quase todas as sociedades possuem unidades elementares denominadas famílias, que podem ser agrupadas em aldeias ou tribos, e essas em agrupamentos maiores, e assim por diante. Se fizermos um mapa das interações sociais, de quem fala com quem, os agrupamentos de interação densa nesse mapa vão indicar uma estrutura hierárquica bastante bem definida. Os agrupamentos nessa estrutura podem ser definidos operacionalmente por meio de alguma medida de frequência de interação nessa matriz sociométrica (SIMON, 1996, p. 186).

A matriz sociométrica é o dispositivo matemático que auxilia no mapeamento de um sistema social e na identificação das regiões mais densas, que são aquelas em que há maior comunicação entre os subsistemas constitutivos do sistema em questão, como, por exemplo, o fato de que os empregados de uma seção em um escritório se reportam a um chefe de seção e este, por sua vez, a um supervisor e assim por diante (SIMON, 1996, p. 200). Mas, além disso, a descrição desse tipo de sistema complexo e a identificação de seus subsistemas são ações que dependem de dois tipos de descrição do sistema, que Simon denomina *descrições de estado* e *descrições de processo* (1996, p. 210s).

As descrições de estado são aquelas que nos permitem reconhecer objetos ou coisas (como, por exemplo, quando dizemos que um círculo é a coleção dos pontos equidistantes de determinado ponto), enquanto que as descrições de processo nos dão o modo de produzir objetos ou coisas (como quando dizemos que, para termos um círculo, devemos fazer girar um compasso até sua ponta com grafite ou tinta retornar ao ponto de partida). Embora Simon só se refira aos modelos com relação às descrições de estado (1996, p. 210), a nosso ver, os modelos científicos nos dão também descrições de processos, embora não sejam exatamente os mesmos modelos que fazem uma coisa ou outra.

Um modelo científico, como vimos, é um projeto de máquina nomológica e se o próprio modelo de maior nível de abstra-

ção não nos dá a forma mais exata pela qual podemos construir o sistema concreto correspondente, os modelos-ponte ou projetos executivos que derivam do modelo-réplica mais abstrato o fazem, como vimos no capítulo anterior. Assim, em última instância, em geral, os modelos científicos nos dão as descrições de estado e de processo de sistemas complexos. Isto é, quando é o caso de retratarmos um sistema como sistema complexo – e, portanto, decomponível em subsistemas inter-relacionados –, o que temos de fazer é recorrer a um modelo de tal sistema supostamente complexo. De fato, a possibilidade de retratarmos determinada situação como um sistema complexo ou hierárquico reside na possibilidade de elaborarmos um modelo ou, mais especificamente, uma família de modelos que, em si, já é um sistema hierárquico, uma vez que contém um modelo-réplica (de maior nível de abstração) e os modelos-ponte (derivados do primeiro) que, no conjunto, nos dão descrições de estado e de processo do sistema em questão.

Desse modo, no caso dos sistemas sociais que queremos estudar nas ciências humanas, tudo depende de podermos elaborar tais modelos complexos que ofereçam descrições de estado e de processo de um sistema hierárquico social, de tal forma que possamos prever estados futuros do sistema com base no conhecimento de sua constituição e, logo, reproduzi-lo e controlá-lo se for o caso. Dito desse modo, o problema das ciências humanas passa então a ser aquele de saber se estamos em posição de elaborar modelos complexos nesses termos, isto é, modelos que permitam descrever determinadas circunstâncias sociais como sistemas complexos hierárquicos, tal como definidos por Simon.

Concretamente, o sucesso de tal investigação depende de podermos mapear tais situações sociais de modo a encontrarmos regiões de densidade, isto é, depende de podermos elaborar matrizes sociométricas. Quando uma matriz sociométrica é elaborada, temos a expressão matemática de determinados enunciados nomológicos, isto é, retratamos de forma regular o funcionamento do sistema em geral e as interações entre seus subsistemas; po-

demos identificar as variáveis das quais depende o comportamento do sistema. Nesse caso, o sistema hierárquico é descrito como uma máquina nomológica. É a elaboração de modelos ou de modelos e teorias (quando isso é possível) que vai levar tal tipo de investigação a ser bem-sucedida, em cada domínio específico de estudo nas ciências humanas; esse é um problema prático da pesquisa em ciências humanas que não pode ser resolvido *a priori*. O que queremos oferecer neste capítulo, como já dissemos, é apenas uma discussão geral do tipo de metamodelo complexo para sistemas sociais que possa gerar modelos específicos desse tipo.

Mais concretamente, diz Simon (1996, p. 211), ao lidar com sistemas hierárquicos, o que temos na maior parte das vezes – e que constitui o que ele entende como o que há de principal na atividade de solucionar problemas – é uma descrição de estado (um modelo-réplica, podemos dizer); a investigação consiste em encontrar um modo de produzir a coisa a partir do conhecimento de um seu estado inicial, isto é, chegar aos modelos executivos, como preferimos dizer. Assim, tal como vimos no capítulo anterior, a investigação consistiria exatamente em partirmos de um modelo-réplica (uma descrição de estado) e tentarmos elaborar modelos-ponte (descrições de processo).

O problema da decomposição de um sistema hierárquico ou sua descrição, como vimos acima, em termos de descrições de estado e de processo, é também um problema de calibragem e também depende do que já conhecemos sobre aquelas estruturas que são aparentemente subsistemas de um sistema hierárquico. Nos sistemas sociais hierárquicos comuns, isto é, nos diversos tipos de instituições, temos outras instituições menores e indivíduos humanos como elementos ou partes; a questão consiste então em podermos caracterizar os indivíduos humanos como subsistemas do sistema social em estudo. Isso significa concretamente que deve haver interações nomológicas entre esses indivíduos e que tais interações sejam desiguais e distribuídas, em princípio, de uma forma que possa resultar em uma matriz sociométrica. Do

ponto de vista metodológico concreto, o problema é escolher algo que possa ser medido e, assim, representado numa matriz sociométrica. Como diz o próprio Simon, como vimos acima, uma dessas coisas que podem ser tratadas dessa forma são as comunicações entre os indivíduos que tomam parte no sistema social. Assim, em princípio, um sistema de cognição distribuída, tal como isso é descrito por Hutchins, como vimos nos capítulos anteriores, é um sistema que pode ser descrito como um sistema hierárquico desse tipo e que pode ser representado em uma matriz sociométrica.

Contudo, embora os indivíduos humanos sejam aparentemente as partes *naturalmente* mínimas de um sistema social, porque correspondem a unidades biológicas (e, logo, correspondem a modelos biológicos ou psicológicos), o modelo social que os inclui como partes pode não precisar deles como subsistemas mínimos. Ou seja, nem toda análise de uma situação social precisa chegar aos indivíduos humanos como elementos mínimos ou partes atômicas ou irredutíveis do sistema. Por exemplo, se estamos estudando o sistema político federativo de um país como o Brasil, as unidades mínimas são os estados e, em nível inferior, os municípios e não indivíduos humanos. Apenas uma visão necessariamente reducionista, tal como já comentamos acima, nos obrigaria a elaborar um modelo social no qual sempre atingimos o nível dos indivíduos humanos biológicos como subsistemas mínimos. Uma calibragem adequada para o estudo de sistemas sociais pode – mas não precisa necessariamente – identificar as partes mínimas do sistema social com indivíduos humanos; pode identificar tais partes mínimas com outras instituições. A questão clássica nas ciências humanas é como fazer isso sem cometer então reificações indevidas nem apontar falsas causas dos eventos sociais que desejamos estudar.

Se, por um lado, uma abordagem reducionista psicologizante entende que os atributos mentais dos indivíduos humanos (como suas opiniões, seus desejos e propósitos) possuem força

normativa no sentido de determinar os acontecimentos – a ação dos indivíduos, mais especificamente –, por outro lado, constatamos que as instituições também possuem força normativa, como vimos no capítulo anterior, e que elas também determinam os acontecimentos, muitas vezes independentemente dos atributos mentais dos indivíduos envolvidos na situação. A questão então é a de identificarmos as variáveis que, de fato, em cada situação, uma vez manipuladas, permitem o controle da situação. Embora possamos admitir que, em princípio, algumas situações sociais possam estar sob o controle dos indivíduos (no sentido de que sua ação resulta da força normativa de suas opiniões, seus desejos e suas crenças), outras estão sob o controle das instituições – e é esse o foco dos comentários de Popper favoráveis a Marx, como veremos adiante. Esses autores afirmam que os aspectos sociais devem ser considerados primeiro e prioritariamente quando queremos entender os eventos que as ciências humanas estudam.

Os subsistemas de um sistema hierárquico social podem ser, portanto, ou instituições menores que se encaixem em tal sistema social, ou indivíduos humanos, ou ambas as coisas em igual nível de interação. E, claro, um subsistema ainda pode ser decomposto em subsistemas menores e também pode ser retratado como um sistema hierárquico, quando todos os mesmos problemas metodológicos acima mencionados se recolocam, naturalmente.

Contudo, o perigo das reificações indevidas e das falsas causas sempre permanece. Na verdade, como isso tem consistido em um entrave metodológico recorrente nas ciências humanas, podemos mesmo falar de um *fantasma* da reificação e das falsas causas. Nossa discussão neste capítulo tem como objetivo também afastar esse fantasma. Acreditamos que uma das formas de fazer isso consiste em termos uma concepção equilibrada da calibragem. E uma das formas para termos tal concepção equilibrada é aquela apontada por Popper quando discute o que ele denomina *lógica situacional*, que discutiremos na próxima seção. Vejamos an-

tes, contudo, um último ponto importante sobre os sistemas hierárquicos, ponto que está relacionado com a identificação das variáveis que são representadas na matriz sociométrica e também com o problema da reificação.

Normalmente, pensamos que se identificarmos as reais causas dos eventos ou, numa linguagem funcional, que se identificarmos corretamente as variáveis das quais depende o funcionamento ou comportamento do sistema e de seus subsistemas, poderemos exercer algum grau de controle sobre ele. No caso das ciências humanas, quando estamos nos ocupando de eventos sociais e de supostos sistemas hierárquicos sociais, há também problemas éticos relacionados com tal controle, mas vamos deixar isso de lado, uma vez que estamos nos ocupando apenas do aspecto metodológico da questão. Acreditamos, contudo, que a forma correta de colocar esse problema consista em inverter o sentido da investigação. Não devemos procurar propriamente as variáveis que devem ser manipuladas para termos controle de um sistema (pois isso, obviamente, sempre faz parte da investigação), mas, ao contrário, de uma forma operativa, se o que queremos é um critério que permita evitar reificações e afastar falsas causas, devemos partir do controle que já temos sobre determinado sistema e procurar representar tais operações de controle por meio de modelos. Se isso for possível, como é na descrição de muitas situações sociais, então não teremos por que não chegar à conclusão de que identificamos corretamente pelo menos uma parte das variáveis das quais depende o comportamento do sistema. Em termos mais diretos e simples, se temos controle sobre o comportamento de um sistema social (assim como de sistemas de outros tipos), não temos por que insistir dogmaticamente na questão das falsas causas e de possíveis reificações. O controle é o critério que nos ajuda a resolver esse problema. Se temos controle sobre o comportamento de um sistema, não é possível que não tenhamos identificado corretamente pelo menos uma parte das variáveis das quais esse comportamento depende.

Esse critério é falível e, uma vez que os enunciados nomológicos a que chegamos são sempre probabilistas, ainda podemos não ter identificado correta e completamente as variáveis das quais depende o comportamento do sistema. Mas esses são erros que podem e devem ser eliminados aos poucos por futuras investigações. Em outros termos, ao alcançarmos algum controle sobre um sistema social, temos razão para pensar que identificamos pelo menos em parte as variáveis das quais depende seu comportamento. E a investigação deve continuar pelos meios todos que possam estar a nosso alcance para que possíveis erros sejam eliminados, caso em que vai aumentar nosso grau de controle sobre o comportamento do sistema em estudo.

O problema ético poderá ser resolvido muitas vezes – embora não todas, obviamente – se pudermos fazer simulações, em especial se as simulações por computador forem possíveis. Mas elas serão possíveis na medida em que tivermos um maior conhecimento do próprio sistema e dos sistemas correlatos que com ele possam, por sua vez, ser parte de um sistema maior. Assim, a possibilidade de encaixarmos determinado sistema social em um sistema maior no qual ele será representado como um subsistema inter-relacionado com outros é também uma importante fonte de informação a respeito de tal sistema que queremos estudar. Em termos mais diretos, quando possível, não apenas uma abordagem de baixo para cima deve ser empreendida, mas muitas vezes também uma abordagem de cima para baixo.

A questão se nas ciências humanas é mais adequado adotarmos uma abordagem de baixo para cima ou de cima para baixo é outro dos problemas de calibragem. Ele está diretamente ligado à discussão de Popper sobre a lógica situacional. Curiosamente, como já dissemos, apesar das críticas de Popper ao marxismo, essa questão é um ponto no qual ele diz concordar com Marx e no qual, a nosso ver, ambos os autores estão corretos não de um ponto de vista realista e determinista, mas de um ponto de vista meramente metodológico. Ao defender essa perspectiva, como Pop-

per enfatiza, ajudamos a eliminar das ciências humanas o essencialismo, isto é, a ideia de que os eventos sociais possuem alguma característica intrínseca e indispensável e que a pesquisa nesse campo deve se dedicar a apreender tal característica essencial.

10.3 Análise situacional

Popper inicia seu texto *A autonomia da sociologia* endossando uma famosa máxima de Marx – “Não é a consciência dos homens que determina sua existência, mas, ao contrário, sua existência social que determina sua consciência” – para, junto com esse último, criticar o que Popper denomina psicologismo e defender uma abordagem *institucionalista*.⁵ O psicologismo e o institucionalismo são definidos por Popper da seguinte maneira:

[...] é ingênuo presumir que todas as leis sociais devem derivar, em princípio, da psicologia da “natureza humana”. Porém, ainda estamos diante de uma análise bastante rudimentar. Para dar um passo adiante, podemos tentar analisar mais diretamente a tese principal do psicologismo – a doutrina de que, como a sociedade resulta da interação das mentes, as leis sociais devem ser redutíveis, em última análise, a leis psicológicas, pois os eventos da

⁵ A máxima de Marx aparece no prefácio a *Uma contribuição para a crítica da economia política*, de 1859 (MARX, 2010, p. 11-12). O texto de Popper, republicado na coletânea *Popper Selections* (POPPER, 1985b; 2010b), é originalmente o capítulo 14 de *The Open Society and its Enemies*, volume 2 (POPPER, 1971b). Nessa obra, embora Marx receba de Popper críticas similares àquelas dirigidas a Platão e a Hegel, em virtude de contribuírem os três, no entender de Popper, para promover sociedades fechadas e não a sociedade aberta e democrática, Marx é objeto de profunda admiração da parte de Popper por seu humanismo, ao qual, contudo, por também defender uma forma de historicismo, ele não deu livre curso, enquanto Platão e Hegel, sobretudo esse último, pouca ou nenhuma admiração causam em Popper do ponto de vista político e social, embora Platão lhe cause alguma admiração especificamente filosófica, isto é, especulativa; mas Hegel nem isso.

vida social, inclusive as convenções, devem nascer em motivações provenientes das mentes de indivíduos.

Em oposição a essa doutrina do psicologismo, os defensores de uma sociologia autônoma podem formular pontos de vista *institucionalistas*. Podem destacar, antes de mais nada, que nenhum ato deve ser explicado somente pela motivação; para que os motivos (ou qualquer outro conceito psicológico ou comportamental) sejam usados como explicação, é preciso suplementá-los por uma referência à situação geral, em especial ao meio (POPPER, 2010b, p. 338; 1985b, p. 346).

É essa referência ao meio ou à situação na qual se dá um evento social que caracteriza basicamente a abordagem institucionalista defendida por Popper e o que ele denomina *lógica situacional* ou, como preferimos dizer, *análise situacional*, já que se trata de localizar determinado acontecimento em um contexto social. Popper reconhece que isso não explica completamente um evento social ou as ações dos seres humanos, pois muitos casos podem pedir explicações de outros tipos (psicológicas mesmo, ou ainda biológicas etc.). Mas essa estratégia, diz ele, é importante nas ciências humanas porque permite encontrar o que seria específico da dimensão social e, assim, afastar as tentativas de reducionismo, principalmente o reducionismo psicologista, que é o que ele tem em vista com seus comentários. Além disso, em parte, a análise situacional nos dispensaria de uma tarefa metodologicamente impossível, isto é, a de encontrar todos os fatores psicológicos (ou também biológicos, podemos dizer, ou seja, causas mais remotas) que poderiam estar ligados a um evento. Assim, Popper diz em um texto em parte já citado no capítulo anterior quando nos referimos à questão da racionalidade da ação:

Continuando a argumentação contrária ao psicologismo, podemos dizer que nossos atos são explicáveis, em grande medida, em termos da situação em que ocorrem. É claro que nunca são inteiramente explicáveis somente em termos situacionais. Uma explicação do modo como um homem se desvia dos carros que

passam, ao atravessar uma rua, pode ir além da situação e se referir às suas motivações, e a um “instinto” de autopreservação, ao desejo de evitar a dor etc., mas essa parte “psicológica” da explicação é banal, muitas vezes, quando comparada à determinação pormenorizada de seus atos pelo que podemos chamar de lógica situacional; ademais, é impossível incluir todos os fatores psicológicos na descrição da situação. A análise das situações, a lógica situacional, desempenha um papel importantíssimo na vida social, assim como nas ciências sociais. Constitui, na verdade, o método de análise econômica. [...] O método de aplicar uma lógica situacional às ciências sociais não se baseia em nenhuma suposição psicológica sobre a racionalidade (ou irracionalidade) da “natureza humana” (POPPER, 2010b, p. 345; 1985b, p. 353-354; aspas no original).

É desta forma, diz ainda Popper, que podemos analisar as repercussões sociais e involuntárias de nossos atos que podem perfeitamente ser propositais (2010b, p. 343s; 1985b, p. 352s) e saber por que, muitas vezes, nossas intenções não bastam para acarretar os efeitos sociais que desejamos. O exemplo que Popper dá no texto provém da economia e é bem simples. Ele nos convida a supor um indivíduo que deseja comprar uma casa e que sai à procura de negócio. É claro que a simples presença do comprador no mercado imobiliário pode fazer os preços subirem e essa é uma consequência indesejável de sua ação, mas inevitável, uma vez que ele não pode comprar a casa sem entrar no mercado.

Esse exemplo é bom para pôr em destaque o fato de que a situação social transcende as motivações, os desejos e os propósitos dos agentes humanos de uma forma inevitável, permitindo inferir justamente uma espécie de *mecanismo* social que se move por causa da ação dos indivíduos humanos, mas mecanismo esse que já está previamente dado, que é constituído pela ação coletiva dos seres humanos e que adquire autonomia, como vimos no capítulo 8. No caso do exemplo, é inevitável fazer referência então a certas *leis de mercado*, como fazemos em geral, mesmo que não tenhamos a dar à expressão nenhum peso teórico maior e que en-

tendamos por ela apenas determinadas descrições nomológicas (e probabilísticas) do comportamento dos agentes econômicos em situações similares. Mas é aqui, afinal, que reside toda a dificuldade, pois o que queremos saber, afinal, é se existem tais mecanismos sociais e se são verdadeiros os possíveis enunciados nomológicos que os descrevem. Ou, em termos funcionais, queremos saber se identificamos as variáveis do contexto social que realmente são independentes de fatores psicológicos (ou biológicos etc.) e que representam fatores eminentemente sociais que possuem força normativa sobre a ação dos indivíduos.

O ponto de vista de Popper continua a ser interessante, pois o que ele argumenta, afinal, é que uma decisão metodológica pelo institucionalismo e contra o psicologismo pode ser mais profícua e mais bem-sucedida, uma vez que ela poderá nos conduzir a explicar os casos em que uma explicação com base em desejos, motivações e propósitos dos agentes humanos se mostra ineficiente. Assim, adotamos uma abordagem de cima para baixo quando uma abordagem de baixo para cima não parece eficiente. Apenas um psicologismo dogmático – e, de forma geral, como dissemos no início deste capítulo, uma forma dogmática de reducionismo – nos impediria de tentar estratégias metodológicas mais proveitosas, ou seja, estratégias de cima para baixo ou, mais especificamente: compreender a ação dos indivíduos humanos como parte de um sistema social. Caracterizamos a ação do indivíduo humano ao decompor um sistema social hierarquizado, como vimos na seção anterior.

Retomemos o exemplo do comprador de uma casa. Se sua presença no mercado imobiliário faz os preços tenderem a subir, em última instância, esse fato não está de acordo nem com seus desejos, nem com os do vendedor, pois este estaria agindo *irracionalmente*, diríamos, se viesse a impedir uma venda pelo fato de subir o preço. E, em última instância, o próprio comprador agiria *irracionalmente* pelo fato de sair à procura da casa para comprar – o que não pode ser, já que o que ele quer é comprar uma casa. Do

ponto de vista dos indivíduos envolvidos, podemos dizer que o mais racional seria baixar os preços e, na verdade, nem tentar comprar. Logo, esse tipo de análise distorce a situação em vez de esclarecê-la. Por outro lado, diante da existência de um potencial comprador, o vendedor também pode ser descrito como *mais racional* se tentar tirar o maior proveito financeiro da transação, subindo o preço. E só não será racional sua ação se o preço subir a ponto de impossibilitar o negócio. Os bons vendedores e compradores, individualmente, têm tudo isso em conta ao fazerem suas negociações e procuram fazer variar o preço não apenas em relação a seus interesses e possibilidades financeiras, mas também em relação aos interesses e possibilidades do outro. Independentemente, contudo, de suas habilidades de negociantes, que podem fazê-los mais ou menos bem-sucedidos, não deixa de ser verdade que a simples presença do comprador pode fazer o preço subir, isto é, que as consequências no contexto social no qual ele atua possam ser diferentes do que ele pretende. Elas poderão ser muito diferentes sobretudo se os agentes envolvidos tiverem um conhecimento muito imperfeito do contexto no qual estão agindo. E mais eficiente será a ação desses agentes quanto maior for o conhecimento que eles tiverem do contexto, isto é, quanto maior for sua capacidade de representar o contexto social como uma máquina nomológica e prever e controlar seu comportamento. Assim, os bons negociantes são aqueles que pelo menos intuitiva ou inconscientemente são capazes de avaliar o contexto econômico de maneira adequada, isto é, de aplicar a ele a análise situacional.

A limitação do exemplo em esclarecer a questão, contudo, reside no fato de não fazer referência a um contexto mais amplo. Pode bem ser então que, de fato, se considerarmos uma situação em que há apenas uma casa a ser vendida e apenas um comprador, o preço possa não variar, ou variar de forma anômala – essa forma será *anômala* em relação à forma *normal* de funcionamento de um contexto mais típico, isto é, um contexto econômico em que há

mais de um produto e mais de um comprador. Assim, é preciso considerar o mercado de forma mais ampla e correlacionar aumentos de procura com aumentos de preços e, inversamente, aumentos de oferta com diminuição de preços. É nesses termos mais amplos – ou mais molares – que os economistas fazem suas análises e que os bons negociantes são capazes de ser bem-sucedidos por avaliarem eficientemente uma conjuntura de mercado. Se essas correlações não se exibissem em escala mais molar dos eventos econômicos e de outros eventos sociais em geral, os economistas, os sociólogos e os analistas políticos não seriam capazes de fazer as análises e projeções que fazem – ainda que elas não sejam infalíveis. E, tendo em conta um contexto mais molar, o que pode ser classificado como racional (ou irracional) numa análise menos molar parecerá então, inversamente, irracional (ou racional), embora não necessariamente.

Em outras palavras, é na medida em que pudermos aplicar a análise situacional a seguimentos maiores da vida social, isto é, a contextos mais amplos, e fazer uma modelagem mais molar dessas circunstâncias que poderemos identificar as variáveis sociais adequadas com maior precisão e maior capacidade de predição e controle. Este é outro problema de calibragem, ou seja: o quanto deve se estender ou se restringir a modelagem que identifica um sistema social. É apenas o fato de alcançarmos algum controle sobre determinadas situações sociais que nos permitirá saber se a análise situacional feita foi adequada ou de forma suficientemente relevante para o que queremos, seja o entendimento de determinados fenômenos sociais ou culturais, seja o controle de alguns deles. Como dissemos acima, a predição e o controle são o critério para resolver esse problema de calibragem, assim como o problema de adotar uma abordagem de cima para baixo ou de baixo para cima.

A análise situacional é, portanto, uma atividade de modelagem nos termos que discutimos na seção anterior. Isto é, ela é uma atividade de elaboração de modelos sociais, modelos que pre-

sumem que há variáveis eminentemente sociais em função das quais variam determinadas ações dos indivíduos humanos. Por exemplo, mais uma vez, se quisermos vender mais de determinado produto, bastará normalmente diminuir o preço, presumindo que outros fatores econômicos continuem inalterados. Ou seja, elaboramos uma descrição de estado e uma descrição de processo daquela situação econômica. No caso desse exemplo, estamos presumindo que os agentes econômicos tendam a comprar mais quando os preços caem e podemos supor que esse é um traço psicológico ou de determinado segmento da população ou dos seres humanos em geral. Mas isso, que até pode ser verdadeiro, se tomado de forma absoluta, significa recair no psicologismo, isto é, em uma forma de reducionismo que retira a especificidade social das ciências humanas. Quando caracterizamos um possível sistema hierárquico para modelar determinada situação social, temos de presumir conhecimentos e informações que podem provir de quaisquer fontes, inclusive da psicologia e da biologia. Mas isso não faz necessariamente com que nossa análise situacional seja dependente desses outros domínios de uma forma reducionista. Nossa análise situacional também pode depender de resultados de outras investigações no próprio domínio específico de estudo dos eventos eminentemente sociais.

Dessa forma, não tomamos como uma questão de estipulação *a priori* ou *de princípio* se há ou não eventos eminentemente sociais. Se eles existem, se existem variáveis eminentemente sociais das quais dependem certos acontecimentos sociais, isso decorre de podermos apresentar modelos eficientes de análise situacional, isto é, modelos que sejam bem-sucedidos na predição e no controle do comportamento de certos sistemas sociais. Sabemos se há, portanto, máquinas nomológicas sociais (que correspondem a nossos modelos nas ciências humanas) se pudermos empregar tais modelos em análises situacionais, predizer e, em alguma medida, controlar o comportamento do sistema social correspondente. Se isso é feito, não há por que não dizer que os

eventos sociais em questão estão sob o controle de variáveis sociais – e isso é, afinal, o que Marx e Popper argumentam do ponto de vista metodológico.

Em analogia com a noção de cognição distribuída, que vimos nos capítulos anteriores, as situações sociais comuns são aquelas nas quais temos contextos ou sistemas de *ação distribuída*, uma vez que não há ação isolada de nenhum agente humano, isto é, uma vez que só podemos falar da ação de um indivíduo humano dentro de determinado contexto institucional no qual outros indivíduos estão presentes. Em outras palavras, os sistemas sociais são sistemas hierárquicos ou institucionais de ação distribuída, sistemas nos quais os seres humanos individualmente e outros sistemas ou instituições figuram como subsistemas inter-relacionados.

Acreditamos que essa é uma forma de dar sentido metodológico mais preciso à máxima de Marx e ao que Popper compreendeu muito bem sobre ela, isto é, que embora os contextos sociais sejam resultado de nossa ação coletiva, eles determinam nossa ação individual de uma maneira que não podemos suspeitar à primeira vista. E, como diz Popper, a análise situacional não pretende eliminar a psicologia, mas apenas aumentar o entendimento dos eventos sociais quando a psicologia e outras disciplinas se mostrarem ineficientes. Popper concorda com Marx que a sociedade vem primeiro, e depois o indivíduo, e só não concorda que o estudo dos fenômenos sociais nos revelem alguma lei ou tendência inexorável. As consequências a longo prazo de nossa ação não podem ser conhecidas ou previstas pelo tipo de análise social que Marx empreendeu em *O capital*, por exemplo, afirma Popper (2010b, *passim*). Metodologicamente falando, elas estão fora do alcance da análise situacional, uma vez que requerem a modelagem de um contexto amplo demais, isto é, fora da possibilidade de calibragem. Mas se tomamos as coisas de forma parcelar, em contextos molares – mas ainda muito restritos em relação ao que seria a totalidade da sociedade humana e sua história –, podemos

empregar eficientemente esse método nas ciências humanas. Em outras palavras, assim como podemos evitar o psicologismo, podemos também evitar, por meio da análise situacional, o outro extremo, segundo o qual só podemos entender um evento social à luz de toda a história ou de uma lei social que a história exibiria. Ou seja, metodologicamente, o erro de Marx estaria em ter querido estender a molaridade da análise até níveis impossíveis, em não ter, portanto, calibrado adequadamente sua investigação, recaindo em uma forma de historicismo.

10.4 Sistemas de ação distribuída

A menção dessas críticas de Popper ao historicismo de Marx nos conduz de volta ao problema da molaridade, da calibragem e do encaixamento em relação aos contextos sociais, um problema que pode ser colocado seja do ponto de vista especulativo, isto é, quanto a nosso entendimento da ação humana em determinadas situações sociais, seja do ponto de vista prático, isto é, quanto à avaliação que o próprio agente deve ter da situação na qual ele age para poder alcançar os fins pretendidos e para evitar consequências indesejáveis de sua ação. Assim, basicamente, os mesmos problemas que estão envolvidos em nosso entendimento dos eventos sociais quando, de um ponto de vista mais teórico, investigamos nas ciências humanas, são aqueles com os quais, de um ponto de vista mais prático, estamos envolvidos quando agimos, uma vez que agimos sempre em contextos sociais determinados e a ação pressupõe o adequado entendimento da situação na qual agimos, obviamente. E por isso mesmo as questões de aplicação não podem ser negligenciadas nas ciências humanas.

Retomando os termos que empregamos no capítulo anterior para caracterizar os sistemas de cognição distribuída com o uso de modelos (SCDMs), podemos dizer então que a própria ação dos indivíduos humanos em determinados contextos pressupõe que eles sejam capazes de modelar a situação, isto é, de avaliar

sua conjuntura, de representar essa circunstância de uma forma mais abstrata, relacionando-a com outras, procurando identificar as variáveis relevantes das quais depende o funcionamento do próprio sistema social no qual agem, de suas partes e suas inter-relações, e de como tal sistema mais restrito possa se encaixar em um sistema hierárquico maior do qual ele seria, por sua vez, um subsistema.

Por outro lado, na medida em que o entendimento produzido nas ciências humanas pode ser relevante para informar tais contextos de ação, é forçoso que os resultados das ciências humanas tenham consequências que não são possíveis nas ciências naturais normalmente, isto é, que os resultados das ciências humanas possam afetar seu objeto de estudo. Esse tem sido também um tema recorrente nas discussões sobre os fundamentos das ciências humanas, tal como Popper o encara, isto é, o tema da dualidade entre *predição e profecia* nas ciências humanas.⁶ E é com relação a essa mesma questão que Guala (2005), como vimos no capítulo 7, discute o problema de podermos extrapolar os resultados de simulações para contextos ordinários na vida social, uma vez que na simulação, mais do que nos contextos comuns, o conhecimento ou os pressupostos que temos sobre determinado tipo de situação podem influenciar a ação dos indivíduos e sua ação. Por essa razão, como vimos, ao realizar o experimento relatado, Guala procura evitar estudantes de economia, uma vez que o conhecimento de modelos econômicos que eles possuem poderia alterar os resultados que, sem tal conhecimento, seriam outros com estudantes de outras especialidades. Se isso realmente é assim ou não, trata-se de uma questão que continua em aberto; mas o fato é que, em princípio, como insiste o próprio Popper, nas ciências humanas, como um preceito metodológico de bom senso, é reco-

⁶ Cf. o texto que foi publicado como o capítulo 16 de *Conjecturas e refutações* (POPPER, 1982; 1969).

mendável que tenhamos em conta sempre que o tipo de entendimento que possuímos de determinada situação social possa alterar significativamente nossa ação em tal situação.

De uma forma mais geral, então, podemos dizer que os sistemas de cognição distribuída com o uso de modelos (SCDMs), que caracterizamos no capítulo anterior, são também *sistemas de ação com o uso de modelos* e, mais exatamente, *sistemas de ação distribuída* (SADMs), na medida em que, tal como sugerem os comentários acima, nos contextos sociais nos quais um indivíduo age, a fronteira entre a dimensão propriamente teórica ou especulativa e a dimensão propriamente prática ou ativa não é bem definida. Nos SCDMs a cognição é distribuída da forma como vimos no capítulo anterior, em particular pelo fato de que o recurso a um modelo abstrato (que é um objeto cultural e, logo, possui existência institucional) obriga a recorrer a um elemento ambiental (do ambiente social ou institucional). O mesmo vale para os SADMs dos quais falamos aqui, isto é, o agente não pode agir por si só, sem recorrer a elementos ambientais e institucionais.

Em primeiro lugar, do mesmo modo, ele deve recorrer a informações sobre o contexto no qual age. Tais informações provêm de diversas fontes ambientais, fornecidas por outros indivíduos e, de forma abstrata, consolidadas em resultados registrados institucionalmente, como, por exemplo, resultados das investigações científicas que são divulgados e amplamente aceitos socialmente, seja pelos próprios cientistas da especialidade envolvida, seja por aqueles que fazem uso mais prático de tais resultados. Assim, cada contexto de ação depende de determinada *cultura específica* relativa àquele tipo de situação social, cultura que já fornece ao agente determinados modelos da situação. Muitas vezes, contudo, é a informação obtida de outras fontes que poderá conduzir ao aperfeiçoamento de tais modelos no sentido de tornar a ação que deles depende mais eficiente.

Em segundo lugar, não apenas nesse sentido mais amplo, que se refere à cultura pressuposta na ação, essa última depende

de outros elementos ambientais. De fato, na maior parte dos contextos sociais comuns, a ação de determinado indivíduo se dá no sentido de modificar o comportamento de outros indivíduos, isto é, o fim a ser alcançado depende necessariamente da mediação de outros agentes, exibindo claramente aquele tipo de estrutura hierárquica de que fala Simon, como vimos. Ou seja, via de regra, a ação nos contextos sociais comuns é distribuída. Pois ou o agente isolado não pode alcançar o fim desejado (como no caso detalhadamente analisado por Hutchins de conduzir um navio ao porto, como vimos nos capítulos anteriores), caso em que diretamente a ação daquele agente depende da cognição e da ação de outros agentes, ou, em contextos mais restritos, mesmo que o agente possa realizar por si mesmo a tarefa, esse resultado deverá necessariamente afetar outros sistemas sociais e, logo, se encaixar em um sistema hierárquico maior.

Assim sendo, de forma geral, um indivíduo pode agir convenientemente em determinada situação social quando é capaz de se integrar a um SADM, isto é, quando é capaz de avaliar a situação em que se encontra e atuar como um subsistema de um sistema hierárquico. Caracterizados desse modo, os contextos sociais são então descritos como máquinas nomológicas, o que não significa que estamos retratando os indivíduos humanos que figuram em tais sistemas sociais como autômatos. Muito pelo contrário, pois se eles agissem como autômatos, o sistema hierárquico social como um todo não possuiria um funcionamento adequado, isto é, não seria capaz de atingir o fim pretendido. Na medida em que o conjunto das instituições que constituem determinada sociedade é um ambiente social no qual situações novas surgem, requerendo a adaptação dos subsistemas dessa sociedade, isto é, que eles possam exibir um padrão de comportamento nos termos dos SADMs, o que pressupõe que eles se caracterizem também como SCDMs. Em termos mais simples, dada uma mudança no ambiente social, o sistema deve ser capaz de agir convenientemente, o

que pressupõe que ele seja capaz de produzir cognição adequada a essa ação.

Nesse caso, estamos atribuindo a ação e a cognição a instituições, obviamente, o que não implica nenhuma antropomorfização, nem reificações indevidas. Pois as instituições podem ser descritas dessa mesma maneira, como sistemas hierárquicos ou máquinas nomológicas que exibem padrões de funcionamento e comportamento, que possuem objetivos e realizam tarefas mediadoras para eles, mesmo que nada disso possa acontecer sem o concurso dos seres humanos que pertencem a tais instituições. Quando atribuímos opiniões, motivações, desejos e propósitos aos seres humanos, estamos no domínio da psicologia e os caracterizamos como pessoas, o que pode pressupor o conhecimento que temos dos contextos sociais nos quais encontramos tais pessoas. Mas o tipo de entendimento que temos em relação a elas quando caracterizamos uma instituição como um sistema social hierárquico, do qual tais pessoas fazem parte como subsistemas inter-relacionados, é outro e estamos no domínio das outras ciências sociais, como a economia, a sociologia, a ciência política ou a antropologia. E aqui também pode ser necessário recorrer a informação provinda de nossas investigações a respeito das pessoas humanas. Mas, do ponto de vista metodológico, os dois tipos de investigação se distinguem claramente e não disputam o mesmo domínio de eventos.

De fato, em termos mais amplos, o que estamos argumentando é que pode haver uma colaboração produtiva entre as ciências humanas e outros domínios, em particular, para retomar os termos de nossos comentários iniciais neste capítulo, entre a psicologia, a biologia e as ciências sociais. Apenas uma concepção realista da ciência unificada, sustentada como questão de princípio, nos impediria de aceitar e mesmo promover tal colaboração, ainda que ela represente certa sobreposição, digamos, e que nos dê apenas uma visão fragmentada do mundo. Mas o ideal de uma ciência unificada, que elimine as sobreposições e junte todos os

fragmentos de maneira perfeita é alto demais, aparentemente, para o estado atual de nosso conhecimento do mundo. Isso não deve nos impedir, contudo, de avançar nos diversos domínios de investigação, inclusive nas ciências humanas.

Em outras palavras, quando caracterizamos determinada situação social como um SADM no qual figuram indivíduos humanos, não estamos eliminando as investigações que tomam o ser humano como pessoa e que procuram estudá-lo de outros pontos de vista. Estamos apenas talvez pressupondo parte do conhecimento que dessa forma possa resultar para estudarmos, de outro ponto de vista, outros sistemas. E apenas progressos significativos nos diversos domínios de pesquisa científica poderão (ou não) levar às desejadas unificações. Elas não vão ocorrer, contudo, enquanto determinados princípios metodológicos reducionistas nos impedirem de investigar os fenômenos sociais de maneira mais profícua.

10.5 Modelos contextuais e institucionais

Os modelos que resultam do metamodelo apresentado para as ciências humanas neste capítulo são modelos contextuais, elaborados nos termos da análise situacional defendida por Popper, contextos interpretados como sistemas hierárquicos, tal como esses últimos são caracterizados por Simon, contextos que constituem não apenas sistemas de cognição distribuída, como discute Hutchins, mas também sistemas de ação distribuída, como podemos concluir dos argumentos desses autores todos e de nossas discussões ao longo dos últimos capítulos. Esses modelos são contextuais de uma forma mais exata, isto é, eles representam contextos institucionais, que são entidades sociais ou culturais que possuem autonomia, tal como discutimos no capítulo 8. Desse modo, apresentar um modelo para as ciências humanas, desse ponto de vista, é descrever uma situação em que determinadas instituições possuem força normativa sobre a ação dos indivíduos

humanos que delas fazem parte. Isso é o que, em última instância, demarcaria a pesquisa nas ciências humanas, sociais ou culturais, distinguindo-as de outras abordagens.

É claro que não se trata de uma questão de apreender alguma essência da vida social, nem de uma questão de princípio metodológico estipulado *a priori*. Podemos visar à elaboração de modelos desse tipo se temos o conhecimento suficiente da vida social, das instituições e suas inter-relações. Mas, em contrapartida, tal conhecimento resulta em parte da aplicação aos contextos sociais da análise situacional. E se alcançamos ou não nas ciências humanas o objetivo metodológico de elaborar modelos contextuais e institucionais, essa é uma questão de fato que diz respeito ao estado de nossas pesquisas nas diversas ciências humanas. As discussões metodológicas podem procurar promover esse tipo de ação investigativa, mas não podem mudar por *fiat* a realidade das ciências humanas. Segundo o ponto de vista aqui exposto – e não que essa seja a única via possível –, quando formos capazes de elaborar modelos contextuais e institucionais nos termos acima discutidos, então teremos demarcado convenientemente as investigações sociais daquelas feitas de outros pontos de vista, teremos evitado as formas de reducionismo e teremos caracterizado claramente a especificidade das ciências humanas.

Os modelos contextuais e institucionais que desejarmos apresentar (ou que, porventura, sejamos capazes de apresentar) devem correlacionar de maneira nomológica sistemas hierarquizados, ou seja, sistemas cujas partes inter-relacionadas (ou outras instituições, ou seres humanos) exibem correlações funcionais nas quais determinadas instituições possuem força normativa sobre o comportamento de outras e, de forma geral, correlações funcionais que descrevem o comportamento do sistema como um todo e permite que a ele sejam atribuídas propriedades que não podem ser atribuídas a suas partes. Esse é um aspecto importante quando procuramos refletir sobre as relações sobre diversos sistemas em quaisquer domínios de pesquisa.

Podemos considerar um sistema seja em relação à sua constituição e ao seu funcionamento interno, seja em suas relações com outros sistemas – caso em que, em última instância, devemos poder ser capazes de, com o avanço da pesquisa, poder encarar os sistemas inicialmente considerados como partes inter-relacionadas de um sistema maior. Apenas devemos notar que essa possibilidade, que diz respeito, de fato, à unificação de nossas investigações e teorias, também é uma questão de fato e não de estipulação *a priori*.

Quando tratamos das relações entre sistemas diferentes, podemos atribuir aos diversos sistemas propriedades que, em princípio, seriam aquilo que capacitaria esses sistemas a interagir. Mas, obviamente, as partes de um sistema, tomadas isoladamente, não possuem tais propriedades, pois, se esse fosse o caso, elas por si só seriam o sistema – e as outras possíveis partes seriam apenas acessórios. Mas se é assim, não identificamos adequadamente de início o sistema. Ou seja, um sistema é, em resumo, aquela estrutura ou configuração de partes que pode interagir com outras estruturas, a estrutura que exhibe regularidades de comportamento.

Dessa forma, de fato, o que mais nos ajuda a identificar um sistema qualquer – e por conseguinte – também um sistema social tal como empregamos a expressão aqui são suas relações com outros sistemas ou estruturas; é o fato, enfim, de podermos atribuir a certa estrutura determinadas propriedades. Um sistema social retratado em um modelo contextual e institucional é aquela situação social (ou institucional, ou cultural) na qual determinado objeto cultural – uma instituição – possui força normativa sobre o comportamento dos indivíduos humanos. Em outros termos, o fato de o indivíduo humano pertencer a tal instituição modifica necessariamente seu comportamento, o que permite que ele seja encarado como uma parte de um sistema de ação e cognição distribuída. Nesse caso, as propriedades que capacitam o sistema social ou instituição a interagir com outras instituições, dentro de

um sistema social maior, são propriedades da instituição e não dos indivíduos humanos que a elas pertencem.

Os indivíduos humanos são indispensáveis nas instituições apenas nos termos discutidos no capítulo 8, isto é, pelo fato de que, coletiva e socialmente, as instituições são criações nossas e não há instituições nas quais não haja indivíduos humanos. Mas onde há instituições, não necessariamente o que acontece depende deles no sentido individual, psicológico ou biológico. Como insistem Marx e Popper, o mais provável é que o que acontece dependa mais das próprias instituições. Ora, é um fato social inegável que o indivíduo humano se vê sempre diante de uma situação social que ultrapassa sua capacidade individual de interferência – o que não quer dizer que modificações na sociedade não sejam possíveis, que nossa vontade não seja de modo algum relevante, ao contrário do que sustentam Marx e outros defensores de sociedades fechadas, como afirma Popper que, por sua vez, afirma a possibilidade da intervenção bem-sucedida nos destinos das instituições, mas por meio do que ele denomina *engenbaria social*, que pressupõe a análise situacional.

Dessa forma, os modelos contextuais e institucionais, se adequadamente formulados, permitem não apenas o entendimento eminentemente social ou cultural da sociedade humana, mas também sua modificação. Não será uma modificação direta e que dependa dos indivíduos humanos isoladamente. Ela dependerá daquilo que B. F. Skinner (1990) denominou *agências de contracontrole*, que são aquelas organizações sociais ou instituições capazes de funcionar como contraponto às agências de controle (em geral, agências ou organismos governamentais) que dirigem a vida social.

De duas formas as reflexões de Skinner também contribuem para as discussões deste capítulo sobre os sistemas sociais tal como os caracterizamos. Em primeiro lugar, assim como Marx e Popper, Skinner também encara a vida social como um ambiente no qual os indivíduos humanos estão sob o controle de fatores

alheios a sua vontade, isto é, eles têm suas vidas em grande medida controladas por determinadas instituições – as agências de controle. Mas também para Skinner, assim como para Popper, essa não é uma situação imutável da parte dos indivíduos, diferentemente do que é para Marx. Pois, segundo Skinner, está socialmente a nosso alcance também a construção de agências de contracontrole. Isso não é tarefa fácil, mas é exequível, argumenta esse autor.

Em segundo lugar, a possibilidade de construir agências de contracontrole, que são outras instituições, não depende apenas das vontades individuais, mas de situações sociais favoráveis e da capacidade dos indivíduos de agir sobre tais situações, isto é, de sua capacidade como indivíduos ou partes dos sistemas sociais de modificar a ação do sistema. E isso sempre pode acontecer, seja por acaso, seja propositalmente. No primeiro caso, trata-se de uma falha do sistema tal como ele estava inicialmente configurado. Isto é, uma agência de contracontrole pode surgir por falhas nas próprias agências de controle. No segundo caso, trata-se de um trabalho de explorar as possibilidades de ação que as próprias instituições permitem. Um exemplo recente no Brasil ilustra isso bem. A atual legislação de proteção ao consumidor é uma agência de contracontrole que resultou das possibilidades de ação dentro das instituições sociais e estatais do país, valendo-se, portanto, de recursos das próprias agências de controle social. Como agência de contracontrole, tal legislação e as instituições a ela ligadas protegem o consumidor do controle do poder econômico ligado a outras instituições.

Isso mostra que os sistemas representados em modelos contextuais e institucionais, tal como os apresentamos aqui, não são deterministas. Eles permitem retratar as situações sociais como sistemas de ação distribuída nos quais o comportamento do sistema é em larga medida previsto e pode ser controlado, mas apenas de uma forma probabilista. Isso preserva o caráter sempre social de nossas interferências na ordem social. Trata-se, portanto,

de aprendermos como funcionam os sistemas sociais, o que os controla, e de procurarmos as formas eficientes de ação sobre tais fatores. A predição e o controle não são, portanto, noções metodologicamente menos importantes nas ciências humanas do que são nas ciências naturais.

Referências bibliográficas

ACHINSTEIN, Peter. *Concepts of Science. A Philosophical Analysis*. Baltimore e Londres: Johns Hopkins Press, 1971 [1968].

ACHINSTEIN, Peter. *The Nature of Explanation*. Nova York e Oxford: Oxford University Press, 1983.

BAILER-JONES, Daniela M. *Scientific Models in Philosophy of Science*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2009.

BERNARD, Claude. *Leçons de physiologie opératoire*. Paris: J.-B. Baillière & Fils, 1879.

BERNARD, Claude. *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*. Paris: Flammarion, 1984 [1865.]

BLACK, Max. *Models and Metaphors*. Studies in Language and Philosophy. Ithaca: Cornell University Press, 1981 [1962].

BLACK, Max. More About Metaphor. In: ORTONY, Andrew (org.). *Metaphor and Thought*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 19-43, 1986.

BOYD, Richard N. The Current Status of Scientific Realism. In: LEPLIN, Jarrett (org.). *Scientific Realism*. Berkeley e Los Angeles: University of California Press, p. 41-82, 1984.

BOYD, Richard N. Metaphor and Theory Change: What is "Metaphor" a Metaphor for. In: ORTONY, Andrew (org.). *Metaphor and Thought*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 356-408, 1986.

BROWN, James R. *The Laboratory of the Mind*. Thought Experiments in the Natural Sciences. Londres e Nova York: Routledge, 1993 [1991].

CAMPBELL, Norman R. *Physics, the Elements*. Cambridge: Cambridge University Press, 1920.

CARNAP, Rudolf. *Introduction to Semantics*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1942.

CARNAP, Rudolf. *The Logical Structure of the World*. Berkeley e Los Angeles: University of California Press, 2003 [1967].

CARTWRIGHT, Nancy. *How the Laws of Physics Lie*. Oxford: Clarendon Press, 1983.

CARTWRIGHT, Nancy. *The Dappled World. A Study of the Boundaries of Science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999a.

CARTWRIGHT, Nancy. Models and the Limits of Theory: Quantum Hamiltonians and the BCS Models of Superconductivity. In: MORGAN, Mary S.; MORRISON, Margaret (org.). *Models as Mediators. Perspectives on Natural and Social Science*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 241-281, 1999b.

CARTWRIGHT, Nancy. *Nature's Capacities and Their Measurement*. Oxford: Clarendon Press, 2002 [1989].

CHADAREVIAN, Soraya de; HOPWOOD, Nick (org.). *Models. The Third Dimension of Science*. Stanford: Stanford University Press, 2004.

CHELLAS, Brian F. *Modal Logic*. Cambridge: Cambridge University Press, 1980.

CREAGER, Angela N. H.; LUNBECK, Elizabeth; WISE, M. Norton (org.). *Science without Laws. Model Systems, Cases, Exemplary Narratives*. Durham e Londres: Duke University Press, 2007.

DALMEDICO, Amy D. Models and Simulations in Climate

Change, Historical, Epistemological, Anthropological and Political Aspects. In: CREAGER, Angela N. H.; LUNBECK, Elizabeth; WISE, M. Norton (org.), *Science without Laws. Model Systems, Cases, Exemplary Narratives*. Durham e Londres: Duke University Press, p. 125-156, 2007.

DAVIDSON, Donald. *Essays on Actions and Events*. Oxford: Oxford University Press, 1980.

DENNETT, Daniel. *Kinds of Minds: Toward an Understanding of Consciousness*. Nova York: Basic Books, 1996.

DEWEY, John. *How We Think*. Ed. rev. In: *John Dewey, Later Works: 1925-1953*, v. 8. Carbondale, Ill.: Southern Illinois University Press, 1986 [1925; 1910].

DEWEY, John. *Logic: The Theory of Inquiry*. In: *John Dewey, Later Works: 1925-1953*, v. 12. Carbondale e Edwardsville, Ill.: Southern Illinois University Press, 1991 [1938].

DUHEM, Pierre. *La théorie physique, son objet, sa structure*. Paris: Vrin, 2007 [1914].

DUTRA, Luiz H. de A. *Verdade e investigação*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 2001a.

DUTRA, Luiz H. de A. *A epistemologia de Claude Bernard*. Campinas: CLE/Unicamp, 2001b.

DUTRA, Luiz H. de A. How Serious is Our Ontological Commitment to Events as Individuals? *Principia*, v. 9 (1-2), p. 43-71, 2005a.

DUTRA, Luiz H. de A. Os modelos e a pragmática da investigação. *Scientiae Studia*, v. 3 (2), p. 205-232, 2005b.

DUTRA, Luiz H. de A. Modelos, analogias e metáforas na investigação científica. *Filosofia Unisinos*, v. 7 (2), p. 126-143, 2006a.

DUTRA, Luiz H. de A. A ciência e o conhecimento humano como construção de modelos. *Philosophos*, v. 11 (2), p. 271-310, 2006b.

DUTRA, Luiz H. de A. Comportamento intencional e contextos sociais: uma abordagem nomológica. *Abstracta 2* (2), p. 102-128, 2006c.

DUTRA, Luiz H. de A. Models and the Semantic and Pragmatic Views of Theories. *Principia*, v. 12 (1), p. 73-86, 2008.

DUTRA, Luiz H. de A. Natural Kinds as Scientific Models. In: KRAUSE, Décio; VIDEIRA, Antônio A. (org.). *Brazilian Studies in Philosophy and History of Science*. Dordrecht: Springer (Boston Studies in the Philosophy of Science, v. 290), p. 141-150, 2011.

DUTRA, Luiz H. de A. *Introdução à teoria da ciência*. 4^a. ed. rev. e ampl. Florianópolis: Editora UFSC, 2017a.

DUTRA, Luiz H. de A. *Filosofia da linguagem*. Introdução crítica à semântica filosófica. 2^a. ed. Florianópolis: Editora UFSC, 2017b.

DUTRA, Luiz H. de A. *Autômatos geniais*. A mente como sistema emergente e perspectivista. Brasília: Editora UnB, 2018.

DUTRA, Luiz H. de A. *Pragmática da investigação científica*. Florianópolis: Edição do autor, 2020 [2008].

EINSTEIN, Alfred. Autobiographical Notes. In: SCHILPP, Paul A. (org.). *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*. La Salle, Ill.: Open Court, 1949.

GARDNER, Howard. *The Mind's New Science*. A History of the Cognitive Revolution. Nova York: Basic Books, 1985.

GIERE, Ronald N. *Explaining Science*. A Cognitive Approach. Chicago e Londres: The University of Chicago Press, 1990.

- GIERE, Ronald N. *Science without Laws*. Chicago e Londres: The University of Chicago Press, 1999.
- GIERE, Ronald N. *Scientific Perspectivism*. Chicago e Londres: The University of Chicago Press, 2006.
- GOODMAN, Nelson. *Fact, Fiction and Forecast*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1983.
- GUALA, Francesco. *The Methodology of Experimental Economics*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- HANSON, Norwood R. *Patterns of Discovery*. Cambridge: Cambridge University Press, 1980 [1958].
- HARRÉ, Rom. *Modeling: Gateway to the Unknown*. Org. Daniel Rothbart. Amsterdã e Boston: Elsevier, 2004.
- HEMPEL, Carl. *Aspects of Scientific Explanation and other Essays in the Philosophy of Science*. Nova York: Free Press, 1965.
- HEMPEL, Carl. Formulation and Formalization of Scientific Theories. A Summary-Abstract. In: SUPPE, Frederick (org.). *The Structure of Scientific Theories*. Urbana e Chicago: University of Illinois Press, p. 244-265, 1977.
- HESSE, Mary. *Models and Analogies in Science*. Notre Dame: University of Notre Dame Press, 1966.
- HUTCHINS, Edwin. *Cognition in the Wild*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 1996.
- JOHNSON-LAIRD, Philip N. *Mental Models*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1995 [1983].
- KRIPKE, Saul A. *Naming and Necessity*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1996 [1980; 1972].

KUHN, Thomas S. *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: The University of Chicago Press, 1970 [1962].

KUHN, Thomas S. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 1987.

KUHN, Thomas S. A Function for Thought Experiments. *The Essential Tension*. Selected Studies in Scientific Tradition and Change. Chicago e Londres: The University of Chicago Press, p. 240-265, 1991 [1977].

LEWIS, David. *Counterfactuals*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1980 [1973].

MACH, Ernst. *La connaissance et l'erreur*. Paris: Ernest Flammarion, 1908 [1905].

MACH, Ernst. *Knowledge and Error*. Dordrecht: Reidel, 1976 [1905].

MARX, Karl. *A Contribution to the Critique of Political Economy*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Library (Digital Collections), 2010. [1904.]

MORGAN, Mary S. The Curious Case of the Prisoner's Dilemma: Model Situation? Exemplary Narrative? In: CREAGER, Angela N. H.; LUNBECK, Elizabeth; WISE, M. Norton (org.), *Science without Laws*. Durham e Londres: Duke University Press, p. 157-185, 2007.

MORGAN, Mary S.; MORRISON, Margaret (org.). *Models as Mediators*. Perspectives on Natural and Social Science. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.

MORRISON, Margaret. Models as Autonomous Agents. In: MORGAN, Mary S.; MORRISON, Margaret (org.), *Models as Mediators*. Perspectives on Natural and Social Science. Cambridge:

Cambridge University Press, p. 38-65, 1999.

MORRISON, Margaret; MORGAN, Mary. Introduction. In: MORGAN, Mary S.; MORRISON, Margaret (org.), *Models as Mediators*. Perspectives on Natural and Social Science. Cambridge: Cambridge University Press, p. 1-9, 1999a.

MORRISON, Margaret; MORGAN, Mary S. Models as Mediating Instruments. In: MORGAN, Mary S.; MORRISON, Margaret (org.). *Models as Mediators*. Perspectives on Natural and Social Science. Cambridge: Cambridge University Press, p. 10-37, 1999b.

MOULINES, C. Ulises. *La philosophie des sciences*. L'Invention d'une discipline (fin XIX^e-début XXI^e siècle). Paris: Éditions Rue d'Ulm, 2006.

NAGEL, Ernest. *The Structure of Science*. Problems in the Logic of Scientific Explanation. Nova York e Burlingame: Harcourt, Brace & World, 1961.

NORTON, John. Thought Experiments in Einstein's Work. In: HOROWITZ, Tamara; MASSEY, Gerald J. (org.). *Thought Experiments in Science and Philosophy*. Savage, Maryland: Rowman & Littlefield, p. 129-148, 1991.

ORESQUES, Naomi. From Scaling to Simulation: Changing Meanings and Ambitions of Models in Geology. In: CREAGER, Angela N. H.; LUNBECK, Elizabeth; WISE, M. Norton (org.). *Science without Laws*. Model Systems, Cases, Exemplary Narratives. Durham e Londres: Duke University Press, p. 93-124, 2007.

POPPER, Karl. R. *Conjectures and Refutations*. Londres: Routledge and Kegan Paul, 1969.

POPPER, Karl. R. *The Open Society and its Enemies*. (v. I: *The Spell of Plato*). Princeton, N. J.: Princeton University Press, 1971a [1962a].

POPPER, Karl. R. *The Open Society and its Enemies*. (v. II: *The High Tide of Prophecy: Hegel, Marx and the Aftermath*). Princeton, N. J.: Princeton University Press, 1971b [1962b].

POPPER, Karl. R. *Conhecimento objetivo*. Uma abordagem evolucionária. Belo Horizonte: Itatiaia, 1975.

POPPER, Karl. R. *Conjecturas e refutações*. Brasília: Editora UnB, 1982.

POPPER, Karl. R. Sobre o uso e o mau uso de experimentos imaginários, especialmente na teoria quântica. *A lógica da pesquisa científica* (novos apêndices, *xi). São Paulo: Cultrix, p. 504-519, 1985a.

POPPER, Karl. R. The Autonomy of Sociology. *Popper Selections*. Org. David Miller. Princeton: Princeton University Press, p. 345-356, 1985b.

POPPER, Karl. R. The Rationality Principle. *Popper Selections*. Org. David Miller. Princeton: Princeton University Press, p. 357-365, 1985c.

POPPER, Karl. R. *Objective Knowledge*. An Evolutionary Approach. Oxford: Oxford University Press, 1995 [1972].

POPPER, Karl. R. On the Use and Misuse of Imaginary Experiments, Especially in Quantum Theory. *The Logic of Scientific Discovery* (novos apêndices, *xi). Londres e Nova York: Hutchinson, p. 464-480, 2010a [1959].

POPPER, Karl. R.. A autonomia da sociologia. *Textos escolhidos*. Org. David Miller. Rio de Janeiro: Contraponto/Editora PUC-Rio, p. 337-347, 2010b.

POPPER, Karl. R. O princípio da racionalidade. *Textos escolhidos*. Org. David Miller. Rio de Janeiro: Contraponto/Editora PUC-

Rio, p. 349-357, 2010c.

PUTNAM, Hilary. The Meaning of "Meaning". *Mind, Language and Reality*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 215-271, 1975.

PUTNAM, Hilary. *Reason, Truth, and History*. Cambridge: Cambridge University Press, 1981.

QUINE, Willard v. O. Ontological Relativity. *Ontological Relativity and Other Essays*. Nova York e Londres: Columbia University Press, p. 26-68, 1969.

QUINE, Willard v. O. On What There Is. *From a Logical Point of View*. Cambridge, Mass., e Londres: Harvard University Press, p. 1-19, 1980 [1953].

RUSSELL, Bertrand. *Introduction to Mathematical Philosophy*. Nova York: Dover, 1993 [1919].

RYLE, Gilbert. *The Concept of Mind*. Chicago: The University of Chicago Press, 2002 [1949].

SIMON, Herbert A. *Administrative Behavior*. Nova York: Free Press, 1945.

SIMON, Herbert A. *The Sciences of the Artificial*. 3a. ed. Cambridge, Mass., e Londres: The MIT Press, 1996 [1969].

SKINNER, B. F. *Beyond Freedom and Dignity*. Nova York: Bantam Books, 1990 [1972].

SORENSEN, Roy A. *Thought Experiments*. Oxford e Nova York: Oxford University Press, 1992.

SUPPE, Frederick (org.). *The Structure of Scientific Theories*. Urbana e Chicago: University of Illinois Press, 1977a.

SUPPE, Frederick. The Search for Philosophic Understanding of Scientific Theories. *The Structure of Scientific Theories*. Urbana e Chicago: University of Illinois Press, p. 1-241, 1977b.

SUPPE, Frederick. *The Semantic Conception of Theories and Scientific Realism*. Urbana e Chicago: University of Illinois Press, 1989.

SUPPES, Patrick. Models of Data. In: NAGEL; Ernest, SUPPES, Patrick; TARSKI, Alfred (org.). *Logic, Methodology and the Philosophy of Science*. Stanford: Stanford University Press, p. 252-261, 1962.

SUPPES, Patrick. *Models and Methods in the Philosophy of Science*. Dordrecht: Kluwer, 1993.

SUPPES, Patrick. *Introduction to Logic*. Nova York: Dover, 1999 [1957].

TARSKI, Alfred. *Logic, Semantics, Metamathematics*. Oxford: Clarendon Press, 1956.

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

VAN FRAASSEN, Bas C. *Laws and Symmetry*. Oxford: Clarendon Press, 1989.

VAN FRAASSEN, Bas C. *Quantum Mechanics*. An Empiricist View. Oxford: Clarendon Press, 1991.

VAN FRAASSEN, Bas C. Representation: The Problem for Structuralism. *Philosophy of Science*, v. 73, p. 536-547, 2006.

VAN FRAASSEN, Bas C. *A imagem científica*. São Paulo: Editora UNESP, 2007.

VAN FRAASSEN, Bas C. *Scientific Representation*. Oxford: Clarendon Press, 2008.

WEBER, Marcel. Redesigning the Fruit Fly: The Molecularization of *Drosophila*. In: CREAGER, Angela N. H.; LUNBECK, Elizabeth; WISE, M. Norton (org.). *Science without Laws*. Durham e Londres: Duke University Press, p. 23-45, 2007.

WEINBERG, Steven. *Dream of a Final Theory*. The Scientist's Search for the Ultimate Laws of Nature. Nova York: Vintage Books, 1994 [1992].

WEINBERG, Steven. Physics and History. In: LABINGER, Jay; COLLINS, Harry M. (org.). *The One Culture: A Conversation about Science*. Chicago: The University of Chicago Press, p. 116-127, 2001.

WITTGENSTEIN, Ludwig. *Philosophical Investigations*. Oxford: Blackwell, 2001 [1953].

Sobre este livro

Formato 14/21 cm

Fonte Hoefler Text 11/10

381 páginas

2a. ed., 2020, editorada e publicada pelo autor



Sobre o autor

Luiz Henrique de Araújo Dutra é professor titular aposentado da Universidade Federal de Santa Catarina, pesquisador do CNPq e professor permanente do programa de pós-graduação em filosofia da mesma universidade e da Universidade de Brasília. Tem doze livros publicados e dezenas de artigos e capítulos de livros. Seus principais interesses são filosofia da ciência, filosofia da mente e ontologia.

Do mesmo autor

Realidade e conhecimento social

Aspectos epistemológicos e ontológicos das ciências humanas
(no prelo, Editora UFSC)

Pragmática da investigação científica

(2a. ed., 2020, LHAD)

Oposições filosóficas

A epistemologia e suas polêmicas
(2a. ed., 2019, NEL, CFH, UFSC)

O campo da mente

Introdução crítica à filosofia da mente
(2018, Editora UFSC)

Autômatos geniais

A mente como sistema emergente e perspectivista
(2018, Editora UnB)

Filosofia da linguagem

Introdução crítica à semântica filosófica
(2a. ed., 2017, Editora UFSC)

Introdução à teoria da ciência

(4a. ed., 2017, Editora UFSC)

E mais seis livros, assim como capítulos de livros e artigos em:
www.lhdutra.cfh.ufsc.br

