

CIP-Brasil. Catalogação-na-Fonte  
Câmara Brasileira do Livro, SP

Copi, Irving Marmor, 1917-  
C789i Introdução à lógica / Irving M. Copi; tradução de  
2ª ed. Álvaro Cabral. - 2ª ed. - São Paulo: Mestre Jou, 1978.

Bibliografia.

1. Lógica 2. Lógica simbólica e matemática I. Título.

17. e 18. CDD-160  
17. -164  
18. -511.3

78-1223

Índices para catálogo sistemático:

1. Lógica: Filosofia 160 (17. e 18.)
2. Lógica simbólica 164 (17.) 511.3 (18.)

IRVING M. COPI

# Introdução à Lógica

TRADUÇÃO DE  
ÁLVARO CABRAL



EDITORA MESTRE JOU

vôos internacionais. Além disso, os testes revestem-se de implicações para os programas de construção de aparelhos supersônicos que viajarão, ainda mais velozmente, do que os atuais jatos.

Os testes envolveram voluntários saudáveis do sexo masculino, os quais foram levados, em jatos, dos Estados Unidos para cidades distantes, como Tóquio, Manila e Roma, cruzando até 10 fusos horários. Para efeitos de controle, a fim de garantir que os efeitos resultavam, de fato, das mudanças de hora e não apenas da viagem aérea, houve um vôo de Washington, D. C., para Santiago do Chile; cobriu uma longa distância, mas o percurso era todo na mesma zona horária. Nos vôos que cruzaram numerosos fusos horários, os passageiros sofreram alterações fisiológicas — no ritmo cardíaco, na temperatura e respiração — que permaneceram por vários dias. Também revelaram uma deterioração, durante cerca de um dia, na agudeza mental, como foi indicado pela execução de problemas aritméticos simples e pela reação mais lenta a estímulos sensoriais. Efeitos análogos foram registrados nas viagens de regresso, mas não duraram tanto tempo. Em contrapartida, o vôo para o Chile produziu, apenas, uma sensação de fadiga.

A AFA planeja submeter a testes alguns pilotos da linha Nova Iorque-Roma, em março. Sheldon Freud, um psicólogo da Força Aérea, o qual construiu o teste, disse que a reação dos passageiros tornou, agora, de grande importância testar as tripulações. "Esses homens são responsáveis pelas vidas de milhões de passageiros todos os anos", disse ele. Freud também formulou uma interrogação sobre os vôos supersônicos, que serão, no mínimo, duas vezes mais velozes do que os jatos atuais: "Teremos de repousar o dobro, após um desses vôos? Valerá a pena deslocarmos-nos com tanta pressa?"<sup>43</sup>

43. Reproduzido de "Science and the Citizen", em *Scientific American*, Vol. 214, N.º 2, fevereiro de 1966.

# 13

## Ciência e Hipótese

### I. OS VALORES DA CIÊNCIA

A ciência moderna nasceu há apenas algumas centenas de anos. Entretanto, ela alterou profundamente quase todos os aspectos da vida no mundo ocidental. Os progressos na agricultura e na indústria, na comunicação e no transporte, na saúde e na higiene e em nosso nível de vida, em geral, resultaram todos da aplicação dos conhecimentos científicos. A força do vapor e da água foi domada para acionar a nossa maquinaria. Cursos de água foram desviados para converter desertos em vinhedos e pomares. Estes são, apenas, alguns exemplos dos usos benéficos da ciência como instrumento para melhorar um meio hostil.

Alguns dos resultados práticos da ciência, é claro, não são tão merecedores de regozijo. O tremendo aumento do poder destrutivo das armas fez com que a ameaça da guerra moderna se convertesse numa ameaça contra a própria civilização. Contudo, apesar desses aspectos infelizes e negativos das conquistas científicas, o desenvolvimento, em seu todo, da ciência e de suas aplicações foi benéfico para a humanidade. Por terríveis que sejam as guerras modernas, o sacrifício de vidas humanas que elas implicam parece ser muito menor do que o dos grandes flagelos epidêmicos que antigamente varriam a Europa e dizimavam as populações. E essas calamidades foram erradicadas quase completamente pela moderna ciência médica. O valor *prático* da ciência reside na vida mais fácil e mais abundante que os progressos tecnológicos, baseados em conhecimentos científicos, tornaram possível.

Contudo, suas aplicações não constituem o único valor da ciência. A ciência é conhecimento e, portanto, um fim em si. As leis e princípios descobertos na investigação científica têm um valor intrínseco, distinto de qualquer utilidade estreita que acaso possuam. Esse

é de somenos importância. O cientista deseja descobrir verdades gerais, de que os fatos particulares são exemplos e para as quais substituem a prova. Os fatos particulares, isolados, podem ser conhecidos — num certo sentido — por observação direta. Que um objeto, ao ser solto, cai; que uma bola se desloca mais lentamente, quando rola numa plano inclinado, do que quando é deixada cair diretamente no chão; que as marés sobem e baixam etc., tudo isso são questões de fato, suscetíveis de inspeção direta. Mas o cientista busca mais do que um mero registro de tais fenômenos: procura *compreendê-los*. Com esse intuito, tenta formular as leis gerais que estabelecem os padrões de todas essas ocorrências e as relações sistemáticas entre elas. O cientista busca as leis naturais que regem determinados eventos e os princípios fundamentais que lhes são subjacentes.

Esta exposição preliminar das finalidades teóricas da ciência talvez possa ficar mais clara mediante um exemplo. Baseado em observações cuidadosas e na aplicação do raciocínio geométrico aos dados assim coligidos, o físico e astrônomo italiano Galileu (1564-1642) conseguiu formular as leis da queda dos corpos, as quais proporcionaram uma descrição muito geral do comportamento dos corpos perto da superfície da terra. Quase ao mesmo tempo, o astrônomo alemão Kepler (1571-1630), baseando amplamente seus raciocínios nos dados astronômicos coligidos pelo dinamarquês Tycho Brahe (1546-1601), formulou as leis do movimento planetário, descrevendo as órbitas elípticas percorridas pelos planetas em torno do Sol. Cada um desses dois grandes cientistas conseguiu unificar os vários fenômenos em seu próprio campo de investigação, mediante a formulação das relações existentes entre eles: Kepler, na mecânica celeste, e Galileu, na mecânica terrestre. Suas descobertas foram grandes realizações, mas, em última análise, permaneciam separadas. Assim como fatos particulares, isolados, impellem o cientista a unificá-los e explicá-los pelo descobrimento de suas conexões regidas por leis, assim também multiplicidades de leis gerais desafiam o cientista a unificá-las e explicá-las mediante a descoberta de princípios ainda mais gerais, os quais abrangem as leis diversas como casos especiais. No caso das leis de Kepler e Galileu, esse desafio foi defrontado e aceito por um dos maiores gênios científicos de todos os tempos, Sir Isaac Newton (1642-1727). Por meio da sua Teoria da Gravação e suas três Leis do Movimento, Newton unificou e explicou a mecânica celeste e terrestre, demonstrando que ambas são deduzíveis dentro da estrutura de uma só *teoria* mais fundamental. O cientista não procura, apenas, saber quais são os fatos, mas também explicá-los e, para esse fim, cria *teorias*. Para entender exatamente o que isso envolve, temos que considerar a natureza geral da própria explicação.

valor intrínseco é a satisfação da curiosidade, a realização do desejo de saber. Que os seres humanos possuam tal desejo já foi reconhecido há muito tempo. Escreveu Aristóteles: "...aprender algo é o maior dos prazeres, não só para o filósofo, mas também para o resto da humanidade, por pequena que seja sua capacidade para isso...". Se consultarmos um dos mais notáveis cientistas contemporâneos, Albert Einstein, ele diz-nos: "Existe uma paixão pelo entendimento, tal como existe uma paixão pela música. Essa paixão é comum nas crianças, mas a maioria das pessoas perde-a posteriormente. Sem essa paixão não teria havido matemática nem ciências naturais."<sup>1</sup> O conhecimento científico não só proporciona ao que o possui a capacidade de satisfazer suas várias necessidades práticas, mas é também, em si mesmo, a satisfação direta de um desejo particular — o desejo de saber.

É claro que alguns filósofos negaram o segundo desses valores e sustentaram nada existir que seja um puro e desinteressado desejo de saber. Os homens têm apenas necessidades práticas, disseram, e a ciência é meramente um instrumento para ser usado com a finalidade de controlar a natureza. Não há dúvida de que a utilidade desse instrumento estimulou profundamente o progresso da ciência, de um modo geral. Mas quando os que dão maiores contribuições para o progresso científico são consultados sobre os motivos pessoais que os impeliram à pesquisa, à investigação, suas respostas, raramente, mencionam esse aspecto pragmático ou diretivo. A maioria das respostas a essa pergunta é como a de Einstein: "O que, então, nos impelle a idear uma teoria atrás de outra? Por que, em última análise, criamos teorias? A resposta a esta pergunta é simples: porque sentimos prazer em 'compreender', isto é, em reduzir os fenômenos de um processo lógico a algo já conhecido ou (aparentemente) evidente."<sup>2</sup> Estas observações de Einstein sugerem uma concepção muito fértil sobre a natureza da ciência.

A tarefa da ciência, como todos sabemos, é descobrir fatos; mas uma reunião ocasional de fatos não se pode dizer que constitua uma ciência. Sem dúvida, algumas partes da ciência podem concentrar-se neste ou naquele fato particular. Um geógrafo, por exemplo, estará interessado em descrever a configuração de uma determinada linha costeira, ou um geólogo em determinar a natureza exata dos estratos rochosos de uma certa localidade. Mas, nas ciências mais avançadas, o conhecimento puramente descritivo de um ou outro f... particular

1 *Poética*, 144<sup>a</sup> 14.

2 Reproduzido de "On the Generalized Theory of Gravitation", por Albert Einstein, em *Scientific American*, Vol. 182, N.º 4, abril de 1950.

3 *Ibid.*

## II. EXPLICAÇÕES CIENTÍFICAS E NÃO-CIENTÍFICAS

Na vida cotidiana, podemos explicações para o que é incomum, surpreendente ou insólito. Um *boy* pode chegar ao seu trabalho todas as manhãs, à mesma hora, durante muito tempo, e isso não despertará curiosidade alguma. Mas ele que chegue um dia, com uma hora de atraso, e o seu patrão lhe pedirá uma explicação. Que se deseja, quando é pedida uma explicação de algo? Um exemplo ajudará a responder a esta interrogação. O *boy* poderá responder que tomou o ônibus das sete e meia para se apresentar ao trabalho, como de costume, mas o ônibus sofreu um acidente, em consequência do qual perdeu muito tempo. Na ausência de outro meio de transporte, teve que esperar que seu ônibus fosse reparado, e isso levou uma hora inteira. Este relato seria aceito, provavelmente, como uma explicação satisfatória. Pode ser assim considerado, porque, dos enunciados que constituem a explicação, pode, logicamente, deduzir-se o fato que se deseja explicar, assim deixando de parecer enigmático. Uma explicação é um grupo de enunciados ou um relato de que a coisa a ser explicada pode ser logicamente inferida, e cuja postulação diminui ou elimina o seu caráter problemático ou desconcertante. Naturalmente, a inferência do fato como conclusão, a partir da explicação como premissa, pode ser entimemática, onde as premissas adicionais "subentendidas" podem ser leis causais geralmente aceitas,<sup>4</sup> ou a conclusão pode ser derivada com probabilidade e não dedutivamente. Assim, parece que a explicação é a inferência está intimamente relacionadas. Com efeito, constituem um mesmo processo, considerado de pontos de vista opostos. Dadas certas premissas, toda conclusão que possa ser, logicamente, inferida delas pode considerar-se explicada por elas. E dado um fato para explicar-se, dizemos que encontramos uma explicação para ele, quando achamos um conjunto de premissas das quais esse fato pode ser logicamente inferido. Conforme foi indicado em nosso primeiro capítulo,<sup>5</sup> *Q* por causa de *P* pode conter tanto um argumento como uma explicação.

É claro que algumas explicações são melhores do que outras. O principal critério para avaliar as explicações é a *relevância*. Se o *boy* atrasado explicasse que sua chegada tardia ao escritório era devida ao fato de haver uma guerra na China ou uma epidemia na Índia, isso seria considerado, com razão, uma explicação muito fraca ou, melhor, "como não explicando coisa alguma". Semelhante história "nada teria que ver com o caso": seria *irrelevante*, visto que o fato, para ser explicado, não poderia ser dela inferido. Portanto, a

relevância de uma explicação proposta corresponde, exatamente, à aceitabilidade do argumento pelo qual o fato, para se explicar, é inferido da explicação proposta. Qualquer explicação aceitável deve ser relevante, mas nem todas as histórias que são relevantes, nesse sentido, são explicações aceitáveis. Há outros critérios para decidir o valor ou aceitabilidade de explicações propostas.

O requisito mais óbvio, o qual se propõe, é que a explicação seja verdadeira. No exemplo do *boy* atrasado, a parte decisiva de sua explicação foi um fato particular, o acidente de trânsito, do qual ele foi (presumivelmente) testemunha ocular. Mas as explicações da ciência são, na sua grande maioria, gerais e não particulares. A pedra angular da Mecânica Newtoniana é a Lei da Gravitação Universal, cujo enunciado é o seguinte:

Toda partícula de matéria no universo atrai qualquer outra partícula com uma força que é diretamente proporcional ao produto das massas das partículas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas.

A lei de Newton não é diretamente verificável da mesma maneira que um acidente de ônibus, no momento em que ocorre. Não há, simplesmente, maneira de podermos verificar se todas as partículas de matéria no universo se atraem, entre si, precisamente da forma que a lei de Newton afirma. Poucas proposições da ciência são *diretamente* verificáveis como verdadeiras. De fato, nenhuma das mais importantes o é. Na sua maior parte, referem-se a entidades *inobserváveis*, como moléculas, átomos, electrons, prótons e outras semelhantes. Portanto, o requisito de verdade não é *diretamente* aplicável à maioria das explicações científicas. Antes de considerarmos outros critérios mais úteis para avaliar as teorias científicas, será proveitoso compararmos as explicações científicas com as não-científicas.

Supõe-se que a ciência se interesse pelos fatos, mas, em seus vôos de maior alcance, vemos-na, aparentemente, comprometida com noções altamente especulativas, muito distantes de toda possibilidade de experiência direta. Portanto, como poderemos distinguir as explicações científicas das que são francamente mitológicas ou supersticiosas? Uma "explicação" não-científica dos movimentos regulares dos planetas era a doutrina de que cada corpo celeste era a moradia de uma "Inteligência" ou "Espírito" que controlava o seu movimento. Durante a Segunda Guerra Mundial, alcançou uma certa difusão humorística a explicação não-científica de que certos acidentes com aviões estavam ligados aos "gremlins", os quais eram julgados hominúculos invisíveis, mas perversos, que se entretinham, fazendo brincadeiras com os aviadores. O que devemos comentar aqui é que, do ponto de vista da observação e verificabilidade diretas, não há grande diferença entre as modernas teorias científicas e as doutrinas não-

4. Esta complicação seria examinada, com maior detalhe, na seção VI, mas, por agora, podemos ignorá-la.

5. Cf. págs. 32-33.

-científicas da mitologia ou da teologia. É tão impossível ver ou tocar uma "partícula" newtoniana, um átomo ou um elétron, quanto uma "inteligência" ou um "gremlin". Quais são, pois, as diferenças entre as explicações científicas e as não-científicas?

Há duas diferenças importantes e intimamente relacionadas entre o tipo de explicação que a ciência procura e o que nos fornecem as superstições de várias espécies. A primeira diferença significativa reside nas atitudes tomadas em face da explicação em questão. A atitude típica do que realmente aceita uma explicação não-científica é a atitude *dogmática*. Considera aquilo que aceita como algo absolutamente verdadeiro e situado além de toda a possibilidade de aperfeiçoamento ou correção. Durante a Idade Média e início do período moderno, a palavra de Aristóteles era a autoridade suprema, para a qual apelavam os eruditos, a fim de decidirem sobre questões de fato. Por mais empírica e intelectualmente generosa que fosse a maneira como o próprio Aristóteles chegou às suas concepções, estas eram defendidas pelos escolásticos, alheios à ciência, com um espírito inteiramente diferente e não-científico. Um dos escolásticos a quem Galileu ofereceu seu telescópio para que contemplasse as luas de Júpiter, recém-descobertas, negou-se a fazê-lo, convencido de que nada poderia ser visto, porque nenhuma menção era feita a essas luas, no tratado sobre astronomia de Aristóteles! Como as crenças não-científicas são absolutas, finais e indiscutíveis, no quadro de qualquer doutrina ou dogma semelhante não pode haver um método racional de análise do problema de sua verdade. A atitude do cientista, em relação às suas explicações, é totalmente diversa. Na ciência, toda explicação é proposta a título de ensaio e provisoriamente. Toda explicação proposta considera-se uma simples hipótese, mais ou menos provável, com base nos fatos acessíveis ou provas relevantes. Deve admitir-se que o vocabulário do cientista é um tanto enganador a esse respeito. Quando o que inicialmente foi sugerido como "hipótese" acaba por ser bem confirmado, é freqüente elevá-lo, então, à categoria de uma "teoria". E quando, na base de um grande volume de provas, alcança uma aceitação quase universal, a teoria é promovida ao grandioso status de uma "lei". Esta terminologia nem sempre é estritamente seguida; assim, a descoberta de Newton ainda é designada como "Lei da Gravidade Universal", ao passo que a contribuição de Einstein, a qual substituiu ou, pelo menos, aperfeiçoou a de Newton, é chamada "Teoria da Relatividade". O vocabulário de "hipótese", "teoria" e "lei" é infeliz, visto que obscurece o fato importante de que *todas* as proposições gerais da ciência são consideradas hipóteses, nunca dogmas.

Estritamente aliada à diferença no modo como são consideradas, temos a segunda e mais importante diferença entre as explicações ou teorias científicas e não-científicas. Esta segunda diferença consiste na base para aceitar ou rejeitar um certo ponto de vista.

Muitas das concepções não-científicas são meros preconceitos, sobre as quais seus adeptos, dificilmente, podem dar alguma razão que as sustente. Entretanto, como são, apesar disso, tidas na conta de "certas", é provável que qualquer dúvida ou interrogação seja considerada uma afronta e encontre uma injúria como resposta. Se for possível persuadir uma pessoa a que aceite uma explicação não-científica a que discuta as bases em que assenta a sua aceitação, ver-se-á que são muito escassos os argumentos com os quais tentará "defendê-la". É verdadeira porque "sempre acreditamos nela" ou porque "todo o mundo sabe disso". Todas estas frases, bastante familiares, exprimem o apelo à tradição ou à popularidade, mas não às provas. Também é costume defender-se um dogma controverso, aproveitando-se da revelação ou da autoridade. A verdade absoluta de seus credos religiosos e a falsidade absoluta de todos os outros foram reveladas desde o Alto, em diversas épocas, a Moisés, a Paulo, a Maomé, a José da Silva e muitos outros. O fato de haver tradições rivais, autoridades conflitantes e revelações que se contradizem mutuamente não parece perturbar aqueles que abraçaram um credo absoluto. Em geral, as crenças não-científicas são sustentadas, independentemente, de tudo o que possamos considerar como *prova* em seu favor. Porque são *absolutas*, as questões de prova são consideradas como se tivessem pouca ou nenhuma importância.

A situação é muito diferente no âmbito da ciência. Desde que toda explicação científica é considerada uma hipótese, somente quando há provas dela, é que se torna digna de aceitação. Como hipótese, a questão de sua verdade ou falsidade mantém-se em suspenso, e há uma contínua busca para achar cada vez mais provas que permitam decidir essa questão. O termo "prova", tal como é aqui usado, refere-se, em última instância, à experiência; a prova *sensível* é o tribunal de última instância para a verificação das proposições científicas. Ao sustentar que a experiência dos sentidos é o *teste de verdade* para todos os seus pronunciamentos, a ciência é *empírica*. Por conseqüência, é da essência de uma proposição científica que é capaz de ser provado o teste pela observação.

Algumas proposições podem ser diretamente testadas. Para decidir se é verdadeira ou falsa a proposição que afirma estar chovendo neste instante, tudo o que precisamos fazer é olhar pela janela. Para saber se um sinal de trânsito está no verde ou no vermelho, basta que olhemos para o farol. Mas as proposições que os cientistas oferecem habitualmente, como hipóteses explicativas, não são desse tipo. Proposições gerais como as Leis de Newton ou a Teoria de Einstein não são diretamente verificáveis dessa maneira. Contudo, podem ser verificadas ou testadas indiretamente. O método indireto de testar a veracidade de uma proposição é conhecido de todos nós, embora não estejamos familiarizados com o nome que se lhe dá. Por exemplo, se o padrão tivesse desconfiado da explica-

ção dada pelo *boy* sobre seu atraso, teria podido verificar se era verdadeira ou não, telefonando para a empresa de ônibus e perguntando se o ônibus das sete e meia sofrera, na realidade, um acidente. Se a informação da empresa coincidissem com o relato do rapaz, isso bastaria para dissipar as desconfianças do patrão. Se a informação da empresa de ônibus contradissesse a história do *boy*, negando a ocorrência desse acidente, isso convenceria, provavelmente, o patrão de que seu empregado mentira. Essa investigação constituiria uma prova indireta da explicação do *boy*.

O padrão de prova indireta ou de verificação indireta consiste em duas partes. Primeira, deduz-se da proposição que se quer testar uma ou mais proposições capaz de verificação direta. Então, essas conseqüências são submetidas à prova e determina-se se são verdadeiras ou falsas. Se as conseqüências são falsas, toda proposição que as implique deve ser também falsa. Segunda, se são verdadeiras, constituem provas da verdade da proposição que se quer testar, a qual é assim confirmada indiretamente.

Assinala-se que a prova indireta nunca é demonstrativa ou segura. Deduzir de uma proposição conclusões diretamente verificáveis, requer premissas adicionais. A conclusão de que a empresa de ônibus responderá que o ônibus das sete e meia teve um acidente essa manhã, não se deduz, validamente, da proposição de que o ônibus das sete e meia teve, de fato, um acidente. São necessárias premissas adicionais; por exemplo, que todos os acidentes sejam comunicados aos escritórios da empresa; que as comunicações não se extraviem ou não sejam esquecidas, e que a empresa não tenha o costume de omitir informações sobre seus acidentes ou mesmo negá-los. Assim, a negativa da empresa de que tenha ocorrido um acidente não demonstraria que a versão do *boy* era falsa, pois a discrepância poderia ser devida à falsidade de uma das outras premissas mencionadas. Estas outras, entretanto, revestem-se, habitualmente, de um tão alto grau de probabilidade que uma resposta negativa, por parte da empresa de ônibus, tornaria realmente muito duvidosa a versão do *boy*.

De modo semelhante, estabelecer a verdade de uma conclusão não demonstra a verdade das premissas de que foi deduzida. Sabemos muito bem que um argumento válido pode ter uma conclusão verdadeira, mesmo quando as suas premissas não sejam todas verdadeiras. No presente exemplo, a empresa de ônibus poderia afirmar que o ônibus das sete e meia sofrera um acidente por causa de um simples equívoco em seus registros, se bem que nenhum acidente tivesse ocorrido. Deste modo, a conseqüência inferida poderia ser verdadeira, embora as premissas de que aquela se deduziu não o fossem. Nos casos usuais, porém, isso é altamente improvável; assim, uma verificação direta bem sucedida ou a afirmativa de uma

conclusão servem para corroborar as premissas de que foram deduzidas.

Devemos admitir que toda proposição, científica ou não-científica, que seja uma explicação relevante para qualquer fato observável, tem alguma prova a seu favor, notadamente, o próprio fato para o qual é relevante. Assim, deve ser admitido que os movimentos regulares dos planetas constituem uma prova da teoria (não-científica) segundo a qual os planetas estão habitados por "inteligências" que fazem com que eles se desloquem, justamente, nas órbitas observadas. Os movimentos, em si, são tanto provas desse mito quanto das teorias de Newton ou Einstein. A diferença reside no fato de que essa é a única prova para a hipótese não-científica. Do mito não se pode deduzir, absolutamente, qualquer outra proposição diretamente verificável. De outro modo, das explicações científicas mencionadas pode-se deduzir um grande número de proposições diretamente verificáveis. Aqui está, portanto, a diferença entre as explicações científicas e não-científicas. Uma explicação científica para um determinado fato terá outras proposições diretamente verificáveis que podemos deduzir dela, além de outra que afirma o fato a ser explicado. Mas uma explicação não-científica, pelo contrário, não terá qualquer outra proposição verificável que possamos deduzir dela. É da própria essência de uma proposição científica o ser empiricamente verificável.

É evidente que usamos a expressão "explicação científica" num sentido genérico. Tal como a definimos aqui, uma explicação pode ser científica mesmo que não faça parte de nenhuma das diversas ciências especiais, como a física ou a psicologia. Assim, a explicação do *boy* para o seu atraso seria classificada como científica, porquanto é verificável, ainda que indiretamente. Mas se tivesse oferecido como explicação a proposição "Deus quis que eu chegasse tarde esta manhã, e Deus é onipotente", a explicação seria não-científica. Pois, embora seu atraso, dessa manhã, seja deduzível da explicação oferecida, não o é qualquer outra proposição que possa ser diretamente verificável e, por conseguinte, a explicação, nem mesmo indiretamente, é suscetível de prova, o que, portanto, a faz não-científica.

### III. A AVALIAÇÃO DAS EXPLICAÇÕES CIENTÍFICAS

Impõe-se, naturalmente, a questão de como as explicações científicas devem ser avaliadas, isto é, julgadas como boas ou más, ou, pelo menos, como melhores ou piores. Esta questão é especialmente importante, porque, em geral, há mais de uma única explicação científica para o mesmo fato. O comportamento brusco de um homem pode explicar-se quer pela hipótese de que é uma pessoa tímida, quer pela hipótese de que é um sujeito intratável. Numa investigação cri-

minal, duas hipóteses diferentes e incompatíveis, sobre a identidade do criminoso, podem harmonizar-se igualmente com os fatos conhecidos. No âmbito da ciência, propriamente dito, o fato de um objeto dilatar-se, quando aquecido, explica tanto a teoria calórica como a teoria cinética. A teoria calórica considerava o calor um fluido invisível e imponderável, denominado "calórico", que tinha o poder de penetrar nos corpos, dilatá-los, dissolvê-los ou dissipá-los na forma de vapor. A teoria cinética, por outro lado, considera que o calor de um corpo consiste no movimento fortuito das moléculas de que o corpo se compõe. Temos, aqui, duas explicações científicas *alternativas* que podem servir, igualmente, para explicar alguns dos fenômenos da expansão térmica. Mas não podem ser ambas verdadeiras, e o problema consiste em avaliá-las ou escolher entre elas.

O que se procura, aqui, é uma lista de condições que uma boa hipótese deve preencher. Não se pense que semelhante lista de condições fornecerá uma *receita* por meio da qual se possam construir boas hipóteses. Ninguém pretendeu jamais estabelecer um conjunto de regras para a invenção ou descoberta de hipóteses. Também é provável que ninguém consiga jamais estabelecer tais regras, pois esse é o aspecto *criador* da empresa científica. A capacidade de criar é uma função da imaginação e do talento de uma pessoa, e não se pode reduzir a um mero processo mecânico. Uma grande hipótese científica de vastos poderes explicativos, como a de Newton ou de Einstein, constitui tanto um produto de gênio como uma obra de arte. Não há fórmula alguma para descobrir novas hipóteses, mas existem certas regras com as quais se espera que as hipóteses aceitáveis se conformem. Essas regras podem ser consideradas como critério para avaliação de hipóteses.

São cinco os critérios usados para julgar o valor ou aceitabilidade das hipóteses. Podem ser enumerados como: 1) relevância; 2) possibilidade de submissão a teste; 3) compatibilidade com prévias hipóteses bem estabelecidas; 4) poder preditor ou explicativo; 5) simplicidade.

Os dois primeiros já foram analisados, mas nós os recapitularemos, rapidamente, aqui.

1. **Relevância.** Nenhuma hipótese jamais é proposta pelo mero interesse de formular-se uma hipótese, mas é sempre, intencionalmente, dirigida à explicação de um ou outro fato. Por isso, deve ser *relevante* para o fato que pretende explicar, isto é, o fato, em questão, deve ser *deduzível* da hipótese proposta — quer da hipótese, unicamente, quer desta em conjunto com certas leis causais, cuja elevada probabilidade se pode presumir que já foi confirmada, ou destas em conjunto com certas suposições sobre as condições iniciais particulares. Uma hipótese que não é relevante para o fato que pretende explicar não pode, simplesmente, explicá-lo e, então, pode con-

siderar-se uma falha no cumprimento da função a que se destinava. Uma boa hipótese tem que ser *relevante*.

2. **Possibilidade de Submissão a Teste.** A principal característica que distingue as hipóteses científicas (em contraste com as não-científicas) é que é suscetível à submissão para testes comprovativos. Isto é, deve existir a possibilidade de fazer observações que confirmem ou refutem qualquer hipótese científica. Claro está que não precisa ser diretamente testada. Como já observamos, a maioria das hipóteses, realmente importantes, é formulada em termos de entidades inobserváveis, como elétrons ou ondas eletromagnéticas. Como escreveu um investigador científico contemporâneo: "Um físico deste século, interessado na estrutura básica da matéria, lida com radiações que não pode ver, forças que não pode sentir e partículas que não pode tocar."\* Mas deve haver alguma modo de passar de enunciados sobre tais entidades inobserváveis para enunciados sobre entidades observáveis, como mesas e cadeiras, ou a leitura de indicadores, ou linhas numa chapa fotográfica. Por outras palavras, deve haver alguma conexão entre qualquer hipótese científica e dados empíricos ou fatos de experiência.

3. **Compatibilidade com Prévias Hipóteses Bem Estabelecidas.** O requisito de que uma hipótese aceitável seja compatível ou coerente com outras hipóteses que já foram bem confirmadas é sumamente razoável. A ciência, ao procurar abranger cada vez mais fatos, tende a construir um sistema de hipóteses explicativas. E claro que tal sistema deve ser coerente, visto que um conjunto de proposições contraditórias não pode ser verdadeiro — nem mesmo inteligível. Idealmente, a maneira como os cientistas esperam fazer progressos é mediante a ampliação gradual de suas hipóteses, para que abranjam cada vez mais fatos. Para que tal progresso se concretize, é necessário que cada nova hipótese seja compatível com as já confirmadas. Assim, a hipótese de Leverrier de que havia um planeta adicional não registrado, além da órbita de Urano, era perfeitamente compatível com a teoria astronômica aceita. Uma nova teoria deve ajustar-se às teorias mais antigas, para que possa haver um progresso ordenado na investigação científica.

É possível, evidentemente, que se superestime a importância do terceiro critério. Embora o ideal da ciência possa ser o desenvolvimento gradual do conhecimento teórico pela sucessiva edição de novas hipóteses, a história real do progresso científico nem sempre obedeceu a esse padrão. Muitas das novas hipóteses mais importantes são incompatíveis com as teorias anteriores e, de fato, substituíram-nas, em vez de se ajustarem a elas. A Teoria da Relatividade, de

6. Reproduzido de "The Bevatron", por Lloyd Smith, em *Scientific American*, Vol. 184, N.º 2, fevereiro de 1951.

Einstein, teve esse caráter, pois destruiu muitos preconceitos da antiga teoria newtoniana. O fenômeno da radioatividade, observado pela primeira vez na última década do século XIX, redundou na queda — ou, pelo menos, na substancial modificação — de muitas teorias, antes acarinhas, e que tinham quase alcançado o status de absolutas. Uma destas foi o Princípio de Conservação da Matéria, o qual afirmava que a matéria não podia ser criada nem destruída. A hipótese de que os átomos de rádio sofrem uma desintegração espontânea era incompatível com esse princípio bem estabelecido há muito — mas foi este princípio que teve de ser abandonado em favor da hipótese mais nova.

O que já foi dito não pretende dar a impressão de que o progresso científico é um processo desordenado, em que as teorias são abandonadas ao léu, logo que aparecem outras mais novas e mais brilhantes. As antigas teorias não são tão abandonadas; são corrigidas. O próprio Einstein insistiu sempre em que sua obra era uma modificação e não uma refutação da obra de Newton. O Princípio da Conservação da Matéria foi modificado, mediante a sua absorção no mais amplo Princípio da Conservação da Massa-Energia. Toda a teoria confirmada foi estabelecida, depois que se demonstrou ser adequada para a explicação de uma considerável massa de dados, de fatos observados. Portanto, não pôde ser destronada ou desacreditada por qualquer nova hipótese, a menos que esta fosse capaz de explicar os mesmos fatos tão bem ou melhor do que a anterior. Nada há de caprichoso no desenvolvimento da ciência. Toda mudança representa um aperfeiçoamento, uma explicação mais ampla e, portanto, mais adequada ao modo como o mundo se manifesta na experiência. Quando ocorrem incompatibilidades entre hipóteses, a mais antiga de uma delas não demonstra, necessariamente, que ela seja a correta, e a mais nova, a errônea. As *pressuposições* são favoráveis à mais antiga, se já tiver sido amplamente confirmada. Mas se a nova, em conflito com ela, também receber uma ampla confirmação, as considerações de antiguidade ou de prioridade para nada contam. Quando se apresenta um conflito entre duas hipóteses, devemos recorrer aos fatos observáveis, para tomarmos uma decisão entre elas. Em última análise, nossa corte de apelação final, para decidir entre hipóteses rivais, é a experiência. Nosso terceiro critério, a compatibilidade com as hipóteses previamente bem estabelecidas, reduz-se ao seguinte: a totalidade das hipóteses aceitas, em qualquer momento dado, deve ser compatível e coerente em termos de reciprocidade,<sup>7</sup> e, — em igualdade de condições nos demais aspectos — de duas novas hi-

<sup>7</sup> Contudo, os cientistas podem considerar e até usar, durante anos, hipóteses incompatíveis ou incoerentes, aguardando a resolução dessa incompatibilidade ou incoerência. Esta situação apresenta-se, hoje, com respeito às teorias ondulatória e corpuscular da luz.

póteses, deverá preferir-se aquela que melhor se adapta ao corpo de doutrina científica aceito. A questão do que está envolvido em "igualdade de condições nos demais aspectos" leva-nos diretamente ao quarto critério.

4. *Poder Preditor ou Explicativo.* Entende-se por poder preditor ou explicativo de uma hipótese o conjunto de fatos observáveis o qual pode ser dela deduzido. Este critério relaciona-se com o da possibilidade de submissão a teste, mas é diferente deste. Pode submeter-se à prova uma hipótese, se dela forem deduzíveis *alguns* fatos observáveis. Se uma de duas hipóteses suscetíveis de serem submetidas à prova tem um número de fatos observáveis maior que a outra e que pode ser dela deduzido, diz-se que essa hipótese tem poder preditor ou explicativo. Por exemplo, a hipótese newtoniana da gravitação universal, em conjunto com as suas três leis do movimento, tem maior poder preditor do que as hipóteses de Kepler ou de Galileu, porque todas as conseqüências observáveis das duas últimas eram também conseqüências da primeira que, além disso, possui mais ainda. Um fato observável que pode ser deduzido de uma hipótese dada considera-se explicado por esta, e também pode-se dizer que essa hipótese o *prediz*. Quanto maior for o poder preditor de uma hipótese, mais ela nos explica e melhor contribui para nossa compreensão dos fenômenos a que diz respeito.

Nosso quarto critério tem um aspecto negativo que é de importância crucial. Se uma hipótese for incompatível com qualquer fato de observação bem comprovado, a hipótese é falsa e deve ser rejeitada. Quando duas hipóteses diferentes são ambas relevantes para a explicação de um conjunto dado de fatos, ambas podem ser submetidas a teste e ambas são coerentes com todo o corpo de teoria científica já estabelecido; assim, será possível decidir entre elas, deduzindo, a partir das mesmas, proposições incompatíveis que possam ser diretamente testáveis. Se  $H_1$  e  $H_2$  são duas hipóteses diferentes, que acarretam conseqüências incompatíveis, é possível realizar uma *experiência crucial* para tomar uma decisão entre elas. Assim, se  $H_1$  supõe que, em certa circunstância  $C$ , ocorrerá o fenômeno  $F$ , ao passo que  $H_2$  supõe que, na mesma circunstância  $C$ , o fenômeno  $F$  não ocorrerá, então, tudo o que precisamos para decidir entre  $H_1$  e  $H_2$  é provocar a circunstância  $C$  e observar a presença ou ausência do fenômeno  $F$ . Se  $F$  ocorrer, isto constituirá uma prova *em favor* de  $H_1$  e *contra*  $H_2$ , enquanto, se  $F$  não ocorrer, isso constituirá uma prova *contra*  $H_1$  e *em favor* de  $H_2$ .

Talvez não seja sempre fácil realizar esse tipo de experiência crucial para decidir entre hipóteses rivais, pois a circunstância requerida  $C$  pode ser difícil ou impossível de realizar. Assim, a decisão entre a teoria newtoniana e a Teoria Geral da Relatividade einsteiniana teve que aguardar um eclipse total do Sol — uma situação

ou circunstância cuja realização se encontra, indubitavelmente, além dos atuais poderes do homem. Em outros casos, a experiência crucial pode ter que esperar o desenvolvimento de novos instrumentos, quer para a produção das *circunstâncias* requeridas, quer para a observação ou medição do fenômeno produzido. Por exemplo, os defensores de hipóteses astronômicas rivais vêm-se, frequentemente, obrigados a aguardar a construção de novos e mais potentes telescópios. O tema relativo às experiências cruciais será discutido na seção VI, em maior detalhe.

5. *Simplicidade*. Acontece, às vezes, que duas hipóteses rivais satisfazem, igualmente, aos quatro primeiros critérios já descritos. Historicamente, o mais importante par de hipóteses que se encontrou nessas condições foi constituído pelas hipóteses de Ptolomeu (fl. 127-151) e Copérnico (1473-1543). Ambas pretendiam explicar todos os dados astronômicos então conhecidos. Segundo a teoria ptolomaica, a Terra era o centro do Universo, e os corpos celestes moviam-se em torno dela, em órbitas que requeriam uma geometria de epiciclos, de descrição muito complicada. A teoria de Ptolomeu era relevante, testável e compatível com as hipóteses previamente bem estabelecidas, satisfazendo perfeitamente, portanto, aos três primeiros critérios. De acordo com a teoria de Copérnico, é o Sol, e não a Terra, que se encontra no centro, e a Terra, tal como os demais planetas, é que se desloca em torno do sol. Também a teoria de Copérnico satisfazia muito bem, aos três primeiros critérios. E quanto ao quarto critério, as duas teorias estavam quase exatamente a par. (É certo que a teoria copernicana parecia predizer uma paralaxe estelar que era impossível de observar, mas essa falha podia ser facilmente explicada, mediante a hipótese auxiliar de que as estrelas fixas estavam demasiado distantes, para que pudesse ser observado qualquer paralaxe.) Para todos os fins, as teorias ptolomaica e copernicana eram de igual poder preditor ou explicativo. Havia apenas uma diferença significativa entre as duas hipóteses rivais. Embora ambas as teorias tivessem de recorrer ao desajeitado método de epiciclos, para justificar as posições observadas dos vários corpos celestes, *menos* epiciclos eram requeridos na teoria copernicana. Portanto, o sistema de Copérnico era mais simples, e, nessa base, foi aceito por todos os astrônomos subsequentes, apesar da antiguidade e igual poder preditor do sistema ptolomaico, a despeito da perseguição que lhe foi, implacavelmente, movida pela Igreja medieval!

É perfeitamente natural recorrer ao critério da simplicidade. Tanto na vida comum quanto na ciência, somos propensos a aceitar a teoria mais simples que esteja de acordo com os fatos conhecidos. Nos julgamentos penais, a acusação procura desenvolver uma hipótese que inclua a culpabilidade do réu e nela ajuste todas as provas disponíveis. Em resposta, o advogado de defesa trata de construir

uma hipótese que inclua a inocência do acusado e também se adapte a todas as provas existentes. Com frequência, ambas as partes conseguem seus propósitos e, numa tal situação, o caso decide-se, habitualmente — ou *deveria* ser decidido — em favor da hipótese mais simples ou mais “natural”. Contudo, a simplicidade é muito difícil de definir. Nem todas as controvérsias são tão simples quanto a ptolomaico-copernicana, em que a maior simplicidade da segunda consistia, meramente, no fato de requerer um menor número de epiciclos. “Naturalidade”, é claro, também é um termo quase, irremediavelmente, desorientador — porquanto parece muito mais “natural” acreditar que a Terra está imóvel, ao passo que o Sol, em movimento aparente, é o astro que realmente se move. O quinto e último critério, o da simplicidade, é importante e frequentemente decisivo, mas vago e nem sempre fácil de aplicar.

#### IV. O DETETIVE COMO CIENTISTA

Agora que formulamos e explicamos os critérios com que podemos avaliar hipóteses, estamos em condições de descrever o padrão geral de investigação científica. Será útil começarmos pelo exame de uma ilustração desse método. Um eterno favorito, a esse respeito, é o detetive, cujo objetivo não é idêntico ao do cientista puro, mas cuja abordagem e técnica para a investigação dos problemas ilustram, claramente, o método da ciência. O exemplo clássico do detetive astuto, que pode solucionar até o mais desconcertante mistério, é a imortal criação de A. Conan Doyle: Sherlock Holmes. Holmes, cuja estatura não foi diminuída pela passagem do tempo, será o nosso herói na explicação seguinte.

1. *Problema*. Algumas das imagens mais expressivas de Holmes são aquelas em que ele se concentra com uma lupa e uma fita métrica, esquadrinhando e encontrando pistas essenciais que tinham escapado à atenção desses estúpidos trapalhões que são os “especialistas” da Scotland Yard. Os que, dentre nós, forem menos vigorosos de temperamento, poderão recordar mais afetuosamente o Holmes pensador, “... que, quando tinha em mente um problema para resolver, andava inquieto durante dias e, às vezes, até uma semana, sem desansar, revolvendo o problema por todos os lados, reorganizando os seus fatos, observando-o por todos os ângulos, até que o tivesse completamente investigado ou se convencesse de que seus dados eram insuficientes”.<sup>8</sup> Numa dessas oportunidades, segundo o Dr. Watson:

Ele tirou o paletó e o colete, vestiu um longo roupão azul, e depois ficou andando no quarto, de um lado para o outro, juntando os traves-

8. “O Homem do Labio Retorcido.”

seiros de sua cama e as almofadas do sofá e das poltronas. Com esses elementos, fez uma espécie de divã oriental, e aí se acomodou com as pernas cruzadas, com uma onça de tabaco e uma caixa de fósforos ao alcance da mão, diante dele. A luz ténue do abajur, vi-o ali sentado, o velho cachimbo de raiz de urze branca entre os lábios, os olhos distraidamente fixos numa esquina do teto, a fumaça azulada que saía em espirais de seus lábios, silencioso, imóvel, com a luz que banhava sua fisionomia aquilina, de traços fortes. Assim ele estava, quando adormeci, e assim estava, quando uma brusca exclamação me despertou e vi brilhar, no apartamento, o sol estival. O cachimbo ainda estava entre seus lábios, a fumaça continuava subindo em espirais e enchia o quarto de uma densa neblina de tabaco, mas nada sobrava do montão de fumo picado que eu vi na caixa, na noite anterior.<sup>9</sup>

Mas tais recordações são incompletas. Holmes nem sempre buscava pistas ou meditava sobre as soluções. Todos recordamos aqueles períodos sombrios — especialmente nas primeiras histórias — em que Holmes, para grande consternação do bom Watson, intoxicava-se de morfina ou cocaína. Isso ocorria, é claro, entre os "casos". Pois, quando não existe mistério algum para decifrar, nenhum homem, em seu perfeito juízo, se põe em busca de pistas. As pistas afinal de contas, devem ser de alguma coisa. Por isso, nem Holmes, nem qualquer outra pessoa se empenharão em profundas meditações, se não tiverem alguma coisa em que pensar. Sherlock Holmes era um gênio para resolver problemas, mas até um gênio precisa ter um problema antes de poder resolvê-lo. Todo o pensamento reflexivo — e este termo inclui tanto a investigação criminal como a pesquisa científica — é uma atividade de resolução de problemas, como John Dewey e outros pragmáticos muito bem afirmaram com insistência. Antes que o detetive ou o cientista metam ombros a uma tarefa, têm que sentir primeiro a presença de um problema.

Claro que a mente ativa vê problemas onde a pessoa obtusa só vê objetos familiares. Numa época de Natal, o Dr. Watson visitou Holmes e viu que este usara uma lente e pinças para examinar "uma cartola muito antiga e sem brilho, de uso impossível e rasgada em muitos lugares."<sup>10</sup> Depois das saudações, Holmes disse ao intrigado Watson, referindo-se à sua estranha tarefa: "Peço-lhe que não encare este objeto como uma velha cartola, e sim como um problema intelectual."<sup>11</sup> Então, aconteceu que o chapéu levou-os para uma de suas mais interessantes aventuras, o que não teria sucedido, se Holmes não tivesse, desde o princípio, visto um problema naquele objeto. Podemos caracterizar um problema como um fato ou um grupo de fatos, para o qual não dispomos de qualquer explicação aceitável, que pareça incomum ou que não se adapte às nossas expectativas ou preconceitos. É óbvio que se requerem *algumas* con-

<sup>9</sup> Ibid.  
<sup>10</sup> "A Aventura do Lápiz-Lanilla."  
<sup>11</sup> Ibid.

vicções prévias para que uma coisa se nos imponha como problemática. Se não houver expectativas, não poderá haver surpresas.

Por vezes, é claro, os problemas chegavam a Holmes já classificados. A primeira aventura relatada pelo Dr. Watson começou com a seguinte mensagem enviada por Gregson, da Scotland Yard:

Meu caro Sr. Sherlock Holmes:

Aconteceu um negócio sério, durante a noite, em Lauriston Gardens, 3, uma transversal da Brixton Road. Nosso homem de ronda viu ali uma luz, cerca das duas da manhã, e como a casa estava desabitada, suspeitou que se passava alguma coisa insólita. Encontrou a porta aberta e, na sala da frente, que está sem móveis, descobriu o corpo de um cavaleiro bem vestido, em cujos bolsos havia cartões com o nome de "Enoch J. Drebber, Cleveland, Ohio, EUA". Não houve roubo, nem ha qualquer indício do que possa ter causado a morte do homem. Há manchas de sangue na sala, mas nenhum ferimento no corpo da pessoa. Estamos sem qualquer pista sobre o modo como ele entrou na casa vazia: com efeito, o assunto é muito desconcertante. Se puder dar uma chegada até à casa, antes do meio-dia, aí me encontrará. Deixei tudo como estava, até receber notícias suas. Se não puder vir, dar-lhe-ei maiores detalhes e consideraria uma grande gentileza de sua parte, se me favorecesse com sua opinião.

Dedicadamente seu

TOBIAS GREGSON<sup>12</sup>

Aí estava, de fato, um problema. Poucos minutos depois de terem recebido a mensagem, Sherlock Holmes e o Dr. Watson "encontravam-se ambos num cabriolé, que corria a toda a velocidade, para a Brixton Road".

2. *Hipóteses Preliminares.* No caminho de Brixton, Holmes "disertava sobre os violinos de Cremona e a diferença entre um Stradivarius e um Amati". O Dr. Watson censurou Holmes por não estar dando muita importância ao assunto que tinha em mãos, ao que Holmes replicou: "Ainda não dispomos de dados..." E um erro capital teorizar, antes de estar na posse de todos os elementos. Deforma o raciocínio."<sup>13</sup> Este ponto de vista era exposto, muitas vezes, por Holmes. Em certa ocasião, admoestou um jovem detetive: "A tentação de formar teorias prematuras, com base em dados insuficientes, é a desgraça da nossa profissão."<sup>14</sup> Contudo, apesar de toda a sua confiança sobre a matéria, Holmes estava completamente equivocado nessa questão. Não é possível, evidentemente, chegar a uma opinião final antes de uma grande quantidade de provas ter sido examinada, mas tal procedimento é muito diferente de não teorizar. De fato, é rigorosamente impossível fazer qualquer tentativa séria de

<sup>12</sup> Estudo em Escarlate.  
<sup>13</sup> Ibid.  
<sup>14</sup> O Vale do Medo.

reunir dados sem *ter* teorizado de antemão. Como observou Charles Darwin, o grande biólogo e autor da teoria moderna da evolução: "...toda observação deve ser a favor de algum ponto de vista, ou contra, se quisermos que ela preste algum serviço." O problema é que existem demasiados fatos particulares, demasiados dados no mundo, para que seja possível alguém registrá-los todos. Até o mais paciente e minucioso investigador tem que separar e escolher, tem que decidir quais os fatos que deve estudar e quais deixará de lado. Deve ter alguma hipótese de trabalho pela qual, ou opostamente, escolherá dados relevantes. Não precisa ser uma teoria *completa*, mas, pelo menos, deve constituir um esboço em linhas gerais. Caso contrário, como poderia uma pessoa decidir que fatos selecionar, para a sua análise, da totalidade de fatos, que é excessivamente ampla até para começar a filtrar?

A este respeito, as ações de Holmes eram mais sábias do que suas palavras. Afinal de contas, as palavras foram proferidas num cabriolé que corria para a cena do crime. Se Holmes não tivesse, realmente, alguma teoria sobre a questão, então, por que dirigir-se a Brixton Road? Se tudo o que ele queria eram fatos e dados, qualquer fato antigo e qualquer velho dado, sem hipóteses que o guiassem na sua seleção, então por que saiu de Baker Street? Havia fatos em abundância nas salas de Baker Street, 221-B. Holmes poderia gastar seu tempo, contando todas as palavras de todas as páginas de todos os livros que ali havia, ou, talvez, fazendo medições muito exatas entre cada par de peças de mobiliário de sua casa. Poderia ter reunido dados à sua vontade e, de passagem, teria poupado o dinheiro do aluguel do cabriolé!

Poder-se-á objetar que os dados suscetíveis de ser reunidos em Baker Street nada tinham que ver com o caso, enquanto os que aguardavam Holmes, na cena do crime, eram pistas valiosas para a solução do problema. Naturalmente, foi essa consideração que levou Holmes a ignorar os "dados" de Baker Street e a apressar-se para reunir os de Brixton Road. Não obstante, convém insistir em que a maior importância dos últimos não podia ser *conhecida* de antemão, mas somente conjecturadas à base de experiências prévias com crimes e pistas. De fato, foi uma *hipótese* que induziu Holmes a procurar seus dados num lugar, e não, no outro; ou seja, a hipótese de que houve um homicídio, de que o crime foi cometido no local onde se encontrou o cadáver e de que o assassino deixou, talvez, um vestígio ou uma pista que conduziriam à sua descoberta. Algumas dessas hipóteses são sempre requeridas para orientar o investigador na sua busca de dados relevantes, pois na ausência de toda hipótese preliminar, há, simplesmente, fatos demais, neste mundo, para examinar. A hipótese preliminar deve ser sumamente provisória e deve basear-se em conhecimentos prévios. Mas, para iniciar

uma investigação séria, a hipótese preliminar é tão necessária quanto a própria existência do problema.

Devemos enfatizar que uma hipótese preliminar, tal como a concebemos, não necessita ser uma solução completa do problema. O que levou Holmes a Brixton Road foi a hipótese de que um homem tinha sido assassinado por alguém que deixou indícios de sua identidade no corpo da vítima, ou perto dele. Essa hipótese é obviamente incompleta: não diz quem cometeu o crime, como foi cometido ou porquê. Tal hipótese preliminar pode ser muito diferente da solução final do problema. Nunca será completa: pode ser uma explicação provisória de, apenas, uma parte do problema. Mas, por mais provisória e parcial que seja, uma hipótese preliminar é indispensável para que qualquer investigação possa avançar.

3. *A Compilação de Fatos Adicionais.* Toda investigação séria principia com algum fato ou grupo de fatos que fere a atenção do investigador, como problemáticos, e que desencadeia todo o processo do inquérito. Os fatos iniciais que constituem o problema são, usualmente, demasiado escassos para que proporcionem, por si só, uma explicação totalmente satisfatória, mas poderão sugerir — ao investigador competente — alguma hipótese preliminar que o leve a procurar fatos adicionais. Espera-se que esses fatos adicionais sejam pistas importantes para a solução final. O investigador inexperiente ou irresponsável ignorará ou menosprezará todos, salvo os mais óbvios; mas o trabalhador cuidadoso procurará ser completo no exame dos fatos adicionais a que foi conduzido pela sua hipótese preliminar. Holmes, é claro, era o mais cuidadoso e laborioso dos investigadores.

Holmes insistiu em descer do cabriolé, a uns cem metros do ponto de destino, e aproximou-se da casa a pé, observando meticulosamente os arredores e, especialmente, a vereda que conduzia até lá. Quando Holmes e Watson entraram na casa, os dois agentes da Scotland Yard, Gregson e Lestrade, mostraram-lhes o cadáver. ("Não há pista alguma", disse Gregson. "Nem uma só", ecoou Lestrade.) Mas Holmes já iniciara sua própria busca de fatos adicionais, examinando primeiro o cadáver:

... seus dedos finos e ágeis voavam de um lado para outro, por todas as partes, apalpando, apertando, desabotoando, examinando... Tão rápido era feito o exame que ninguém poderia adivinhar a minúcia com que Holmes o conduzia. Finalmente, chelrou os lábios do morto e, em seguida, olhou, de relance, para as solas de suas botas de verniz.<sup>15</sup>

Depois, dirigiu suas atenções para a própria sala:

... tirou do bolso uma fita métrica e uma enorme lupa circular. Com esses dois instrumentos, percorria silenciosamente a sala, parando aqui,

15. *Estudo em Escarlata.*

ajoelhando-se ali e, numa ocasião, estendeu-se de barriga no chão. Tão absorvido estava na sua tarefa, que parecia ter esquecido nossa presença, pois falava, entre dentes, para si próprio o tempo todo, com um bombardeio constante de exclamações, grunhidos, assobios e pequenos gritos de estímulo e esperança. Enquanto eu o observava, acudiu-me à idéia, de um modo irresistível, a imagem de um cão de raça bem treinado, quando avança e recua entre sebes e valados, farejando ansioso e inquieto, até dar, de novo, com o rastro perdido. Continuou suas investigações durante mais vinte minutos, medindo, com maior precisão, as distâncias entre marcas que eram totalmente invisíveis a meus olhos e aplicando, uma vez por outra, a fita métrica às paredes, de maneira que me era igualmente incompreensível. Num lugar do assoalho, reconheu cuidadosamente um montículo de pó acinzentado e enfiou-o num envelope. Finalmente, examinou com a lupa a palavra que havia na parede, percorrendo as letras, uma por uma, com a maior meticulosidade. Feito isso, pareceu estar satisfeito, pois voltou a guardar no bolso a fita métrica e a lupa.

"Costuma-se dizer que o gênio é uma capacidade infinita de esforço laborioso", comentou ele com um sorriso. "É uma péssima definição, mas aplica-se ao trabalho de um detetive."<sup>16</sup>

Um ponto deve ser fortemente realçado. Os passos 2 e 3 não são completamente separáveis, mas, pelo contrário, estão intimamente correlacionados, e são interdependentes. É certo que necessitamos de uma hipótese preliminar para iniciar qualquer exame inteligente dos fatos, mas os fatos adicionais podem sugerir novas hipóteses, as quais podem conduzir-nos a novos fatos que, por seu turno, poderão sugerir novas hipóteses, as quais talvez conduzam a novos fatos adicionais, e assim por diante. Assim, tendo feito cuidadoso exame dos fatos acessíveis na casa de Brixton Road, Holmes foi levado a formular uma nova hipótese que exigia o testemunho do polícia que descobriu o cadáver. O homem estava de folga, nesse momento, e Lestrade deu a Holmes o nome e endereço do agente.

Holmes tomou nota do endereço.

"Venha daí, doutor", disse ele. "Tremos procurá-lo. Vou dizer-lhes uma coisa que talvez possa ajudá-los neste caso", continuou, voltando-se para os dois detetives. "Houve aqui um homicídio, e o assassino era um homem de mais de um metro e oitenta de altura, em plena juventude, pés pequenos para a sua altura, calçava botas ordinárias de pontas quadradas e fumava um charuto Trichinopoly. Chegou aqui, com sua vítima, num cabriolé de quatro rodas, puxado por um cavalo que tinha três ferraduras velhas e uma nova na pata dianteira direita. Com toda a probabilidade, o assassino tinha um rosto corado, e as unhas de sua mão direita eram extraordinariamente compridas. Não passam de algumas indicações, mas talvez lhes sejam úteis."

Lestrade e Gregson entreolharam-se, esboçando sorrisos incrédulos. "Se esse homem foi assassinado, como é que foi?" perguntou o primeiro.

"Veneno", disse Sherlock Holmes, laconicamente, e saiu em grandes passadas.<sup>17</sup>

16. *Ibid.*

17. *Ibid.*

4. *Formulação da Hipótese.* Numa ou noutra fase de sua investigação, qualquer homem — seja ele detetive, cientista ou um mortal comum — terá a sensação de possuir todos os fatos de que necessita para a solução. Tem o seu "2 + 2", por assim dizer, mas ainda falta realizar a tarefa de articulá-los. Num desses momentos, Sherlock Holmes era capaz de ficar de pé a noite toda, consumindo cachimbadas, umas atrás das outras, e tentando imaginar como poderiam ter acontecido as coisas. O resultado ou produto final de tais reflexões, se tivesse êxito, seria uma hipótese que explicasse todos os dados, tanto os do conjunto inicial de fatos que constituíam o problema, como os fatos adicionais para os quais as hipóteses preliminares apontavam. A descoberta concreta de uma tal hipótese explicativa seria um processo criador em que estariam envolvidos tanto a imaginação quanto o conhecimento. Holmes, que era um gênio para inventar hipóteses, descreveu o processo como um raciocínio "da frente para trás". Conforme suas palavras:

Se você descrever uma série de acontecimentos à maioria das pessoas, estas lhe dirão qual poderá ser o resultado. Podem articular esses acontecimentos mentalmente e argumentar, a partir deles, para concluir que tal coisa acontecerá. Mas há poucas pessoas capazes de, se você lhes disser um resultado, elaborarem, no íntimo de seu discernimento, os passos que conduziram a esse resultado.<sup>18</sup>

Tal é a descrição de Holmes do processo de formular uma hipótese explicativa. Seja como for, quando uma hipótese é proposta, sua avaliação deve ser feita de acordo com as diretrizes esboçadas na seção III. Admitidas sua relevância e sua possibilidade de sujeição a teste, assim como sua compatibilidade com outras convicções bem estabelecidas, o critério final, para avaliar uma hipótese, é seu poder preditor.

5. *Dedução de Conseqüências Adicionais.* Uma hipótese, realmente frutuosa, explicará não só os fatos que originalmente a inspiraram, mas ainda muitos fatos adicionais. Uma boa hipótese apontará mais além dos fatos iniciais, na direção de outros novos, de cuja existência não se suspeitaria sem ela. E, evidentemente, a verificação dessas conseqüências adicionais tenderá a confirmar a hipótese que conduziu a essa prova. A história de Holmes de que o homem assassinado tinha sido envenenado foi depressa submetida a uma comprovação. Alguns dias depois, o secretário e companheiro de viagem do assassino também foi encontrado morto. Holmes perguntou a Lestrade, que descobriu o segundo cadáver, se nada encontrara no quarto que pudesse fornecer uma pista para chegar ao assassino. "Nada", respondeu Lestrade, mencionando alguns objetos perfeitamente vulgares. Holmes não se deu por satisfeito e insistiu, perguntando: "E está certo de que

18. *Ibid.*

nada mais havia?" Lestrade respondeu: "Nada que se possa chamar importante", e indicou mais alguns detalhes, o último dos quais era "uma caixinha de madeira sem valor, dessas que costumam ser usadas para unguentos, contendo um par de pilulas". Ao ouvir essa informação,

Sherlock Holmes saltou em sua poltrona com uma exclamação de prazer. "O último elo!" gritou exultante. "Meu caso está completo." Os dois detetives encararam-no estupefatos. "Tenho agora nas minhas mãos", disse meu companheiro, confiantemente, "todos os fios da meada... Vou dar-lhes uma prova dos meus conhecimentos. Você tem à mão essas pilulas?" "Sim, tenho-as aqui", respondeu Lestrade, tirando do bolso uma caixinha branca...<sup>19</sup>

Com base na sua hipótese sobre o primeiro crime, Holmes pode predizer que as pilulas encontradas na cena do segundo crime continham veneno. A dedução tem um papel essencial no processo de qualquer inquérito científico ou indutivo. O valor fundamental de toda hipótese reside no seu poder preditor ou explicativo, o que significa que fatos adicionais devem ser deduzíveis de uma hipótese adequada. Partindo da sua teoria de que o primeiro homem fora envenenado e de que a segunda vítima encontrara a morte às mãos do mesmo assassino, Holmes inferiu que as pilulas encontradas por Lestrade deviam conter veneno. Sua teoria, por muito seguro que ele se sentisse com ela, era apenas uma teoria, e necessitava de ulterior confirmação. Obteve essa confirmação ao testar as conseqüências deduzidas a partir da hipótese, e concluiu que eram verdadeiras. Tendo usado a dedução para fazer uma predição, seu passo seguinte era testá-la.

6. *A Verificação das Conseqüências.* Para testar as conseqüências de uma hipótese, isto é, as predições feitas com base nessa hipótese, vários meios podem ser requeridos. Alguns exigem apenas observação. Em certos casos, Holmes não precisou mais do que vigiar e esperar — para que os assaltantes de bancos arrombassem o cofre-forte, em "A Aventura da Liga dos Homens Ruivos" ou para que o Dr. Roylott colocasse uma serpente venenosa, através de um falso ventilador, em "A Aventura do Bando Sardento". No caso presente, porém, uma experiência tinha que ser efetuada.

Holmes pediu ao Dr. Watson que fosse buscar o cachorro velho e doente da zeladora do prédio, a qual já lhe pedira, à véspera, que livrasse o pobre animal de suas atribulações. Então, Holmes dividiu uma das pilulas ao meio, dissolveu-a num copo-d'água e adicionou-lhe um pouco de leite. Depois,

19. *Ibid.*

... despejou o conteúdo do copo num pires e colocou-o diante do cão, que bebeu tudo rapidamente até deixar o pires seco. A atitude, sumamente grave, de Sherlock Holmes impusera-se-nos de tal modo, que nos sentamos todos em silêncio, observando insistentemente o animal, e esperando algum efeito surpreendente. Mas nada aconteceu desse gênero. O cão continuava estendido sobre uma almofada, respirando, arquejando, mas, aparentemente, nem melhor nem pior, por causa da bebida.

Holmes tirara o relógio do bolso e, à medida que os minutos passavam sem resultado, uma expressão de supremo desgosto e desapontamento se acentuava em seu rosto. Mordia os lábios, tamborilava com os dedos na mesa e revelava todos os sintomas da mais intensa impaciência. Tão grande era a sua emoção que sentiu uma pena sincera dele enquanto os dois detetives sorriam trocistamente, nada descontentes com o revés que Holmes estava sofrendo.

"Não pode ser uma coincidência", exclamou, finalmente, saltando da sua poltrona e pondo-se a caminhar, agitado, de um lado a outro da sala. "É impossível que seja apenas uma coincidência. As mesmas pilulas de que suspeitei no caso de Drebbler são encontradas depois da morte de Stangerson. E, no entanto, são inúteis. Que poderá isto significar? Por certo, toda minha cadeia de raciocínio não pode ter sido falsa. É impossível! E, apesar disso, esse malfadado cachorro não manifesta sintoma algum de ter piorado. Ah, já sei! Já sei!" Com um grito de alvoroço, Holmes precipitou-se para a caixinha, cortou a outra pilula em duas, juntou-lhe leite e apresentou-a ao cão. Mal umedeceu a língua na bebida, o infeliz animal tremeu convulsivamente e caiu tão rígido e sem vida, como se um raio o houvesse fulminado.

Sherlock Holmes respirou profundamente e limpou o suor que lhe perlava a testa.<sup>20</sup>

Com o desfecho favorável da sua experiência, a hipótese de Holmes recebia uma espetacular e convincente demonstração.

7. *Aplicação.* Em última análise, o interesse do detetive gira em torno de uma questão prática. Diante de um crime a resolver ele tem não só que explicar os fatos, mas também lhe compete localizar e prender o criminoso. Isto significa que ele terá que aplicar sua teoria, usando-a, para predizer onde o criminoso poderá ser descoberto e como poderá ser apanhado. Assim, tem que deduzir ainda mais conseqüências da hipótese, não pelo mero interesse numa confirmação adicional, mas para fins práticos. Partindo da sua hipótese geral, Holmes pôde inferir que o assassino estava desempenhando as funções de cocheiro de um cabriolé. Já vimos que Holmes elaborara, desde a sua primeira visita à casa de Brixton Road, uma descrição bastante clara da aparência do homem. Despachou o seu exército particular de "Irregulares da Baker Street", a garotada das vizinhanças, em busca do cabriolé conduzido por esse homem, encarregando-a de trazer até ao 221-B. A bem sucedida "aplicação" dessa hipótese pode ser descrita novamente pelas palavras do Dr. Watson. Poucos minutos depois da morte do cão,

20. *Ibid.*

... ouviu-se uma pancada na porta, e o porta-voz dos rapazes da rua, o jovem Wiggins, apresentou sua insignificante e insípida figura.

"Com licença, senhor", disse ele, levando a mão à desgrehada melena. "Tenho o carro lá embaixo."

"Bravo, rapaz", respondeu Holmes, afetuosamente. "Por que não adotam este modelo na Scotland Yard?", continuou ele, enquanto tirava um par de algemas de aço de uma gaveta. "Vejam como funcionam bem as molas. Fecham-se, num abrir e fechar de olhos."

"O velho modelo é bastante bom", comentou Lestrade, "contanto que encontremos o homem em que devamos pô-lo".

"Muito bem, muito bem", disse Holmes, sorridente. "O cocheiro bem que poderia ajudar-me a descer minhas caixas. Wiggins, pede-lhe que suba."

Surpreendeu-me ouvir que meu companheiro falava como se estivesse prestes a iniciar uma viagem, pois nada me dissera a tal respeito. Havia uma pequena mala e um porta-manta na sala, e Holmes começou atando-lhe as correias. Estava absorvido nessa tarefa, quando o cocheiro entrou.

"Ajude-me a apertar esta fivela, cocheiro", disse ele, enquanto se ajoelhava sem voltar a cabeça.

O camarada adiantou-se, com um ar taciturno e rufião, e pôs as mãos sobre o porta-manta para ajudar. Nesse instante, ouviu-se um estalido seco, de ressonância metálica, e Sherlock Holmes pôs-se agilmente de pé.

"Meus senhores", exclamou ele, de olhos fulgurantes, "permitam-me apresentar-lhes o Sr. Jefferson Hope, assassino de Enoch Drebber e de Joseph Stangerson".<sup>21</sup>

Eis aqui um quadro do detetive como cientista, raciocinando a partir dos fatos observados para chegar a uma hipótese testável, que não só explica os fatos, mas também permite aplicações práticas.

## V. CIENTISTAS EM AÇÃO: O PADRÃO DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA

Tal como a palavra "científico" é hoje em dia usada, refere-se a qualquer raciocínio que procure desenvolver-se, a partir de fatos observáveis da experiência, para chegar a explicações razoáveis (isto é, relevantes e testáveis) para esses fatos. O método científico não está limitado aos cientistas profissionais; pode-se dizer que procede cientificamente toda pessoa que obedece ao padrão geral de raciocínio, depois de provas evidentes, para chegar a conclusões suscetíveis de testes experimentais. Neste sentido, o detetive hábil é um cientista, como o somos a maioria das vezes, — pelo menos, em nossos momentos mais racionais. O padrão geral de todo inquérito científico pode expressar-se de acordo com os passos que exemplificamos na seção precedente.

Esses sete passos serão explicados mais detalhadamente, mediante a análise de um importante exemplo de pesquisa científica.<sup>22</sup> Du-

21. *Ibid.*

22. O relato que se segue é uma adaptação livre de *Introduction to Modern Physics*, por F. K. Richtmyer. Copyright, 1928, 1934. McGraw-Hill Book Company, Inc.

rante o século XVIII, a teoria calórica conquistou ampla aceitação. Acreditava-se que o calor era um fluido sutil e altamente elástico que podia ser adicionado a um corpo ou extraído deste, produzindo-se, assim, mudanças de temperatura no mesmo. Supunha-se que esse hipotético fluido de calor era indestrutível; pensava-se que suas partículas repeliam-se entre si, mas que eram atraídas pela matéria ordinária e podiam penetrar em tudo. A teoria calórica possuía considerável poder explicativo. A expansão dos corpos, ao serem aquecidos, explicava-se como o resultado natural da "tumefação" causada pelo fluido de calor empurrado para dentro deles, através dos poros. A produção de calor, quando desferia pancadas num corpo, explicava-se como sendo devida à libertação ou "afrouxamento" de parte do calórico que estivera condensado no corpo, de modo que as pancadas aumentavam a quantidade de calórico livre ou calor que havia nele. Até a conversão do combustível em energia, na primitiva máquina a vapor, podia ser explicada em termos da teoria calórica: uma quantidade dada de calórico, "caindo" de uma temperatura superior para uma inferior, era análoga a uma quantidade dada de água que caía de um nível superior para um inferior — sendo cada uma delas capaz de produzir energia mecânica. No final do século XVIII, a teoria calórica, que considerava o calor uma substância material, era universalmente aceita.

Foi com tais antecedentes de teoria homologada que o Conde Rumford (1753-1814) se encontrou, ao enfrentar o problema que geiou a maior parte de suas pesquisas subsequentes. Rumford descreveu os primeiros tempos com estas palavras:

Mais tarde, quando estava encarregado de superintender a perfuração de canhões nas oficinas do Arsenal Militar de Munique, chamou-me a atenção o elevadíssimo grau de calor que um canhão de bronze adquire, em pouco tempo, ao ser perfurado; e com o calor ainda mais intenso (muito superior ao da água em ebulição, conforme verifiquei por experiência) das aparas metálicas separadas dele pelo perfurador.

Quanto mais meditava nesses fenômenos, tanto mais curiosos e interessantes me pareciam.<sup>23</sup>

Eis o primeiro passo de toda a investigação: o pressentimento de um problema. Deve-se salientar que, neste caso, o problema surgiu de um conflito evidente entre os dados da experiência e as teorias científicas, geralmente aceitas. As teorias relevantes eram duas: primeira, a teoria calórica, a qual afirmava que o calor era uma substância material; e, segunda, o princípio da conservação da matéria, o qual afirmava que a substância material não podia ser criada nem destruída. O fato observado, por outro lado, era que se produziam quantidades consideráveis de calor — sem qualquer decréscimo evidente nas quantidades de outras substâncias materiais. A produção

23. Transcrição autorizada de *A Source Book in Physics*, por William Francis Magie. Copyright, 1935. McGraw-Hill Book Company, Inc.

de tanto calor, quanto a que Rumford observou, era inexplicável, à base da ciência de seu tempo. A situação era problemática e exigia uma solução. É evidente que o problema não poderia ser vislumbrado por quem ignorasse completamente as teorias vigentes. Também não o reconheceria uma pessoa pouco observadora, que não notasse os fatos que ocorriam diante de seus olhos. Finalmente, uma pessoa cuja mente não se perturbasse com as lacunas ou incoerências entre a teoria e a observação, tampouco pressentiria a presença do problema. Devemos assinalar, portanto, que as qualidades necessárias para que uma pessoa inicie uma proveitosa investigação científica são três: estar familiarizada com as teorias correntes do seu tempo; observar novos fatos; e não se conformar na presença de qualquer conflito ou lacuna entre o fato e a teoria.

A julgar pelas diversas experiências que realizou subsequentemente, parece razoável supor que a hipótese preliminar do Conde Rumford era a seguinte: visto que uma grande quantidade de calor era gerada, sem diminuição apreciável, de qualquer outra substância material presente, talvez fosse possível obter uma quantidade ilimitada de calor, sem exaurir o suprimento de matéria de que se dispusesse. Esta conjectura foi sugerida, certamente, pelos dados originais que impuseram o problema. Foi o conhecimento prévio de Rumford de que a perfuração, com ferramentas embotadas, gerava mais calor do que o obtido com o uso de outras afiadas, que o ajudou a arquitetar uma experiência para testar sua hipótese ou o auxiliou a coligir dados por ela sugeridos.

Com base nesse conhecimento e guiado por essa hipótese preliminar, Rumford passou a reunir alguns dados adicionais e relevantes, mediante a seguinte situação experimental: fez girar, a grande pressão, uma perfuradora de aço, com a ponta gasta, contra um pedaço de bronze, ao mesmo tempo que mergulhava a ferramenta e o metal na água. O aparelho era acionado por dois cavalos. Em duas horas e meia, precisamente, a água começou a ferver, e assim continuou, enquanto os cavalos mantiveram a maquinaria em movimento. Deste modo, Rumford chegou ao fato adicional de que não havia limite para a quantidade de calor que fosse possível produzir sem qualquer decréscimo na quantidade de substância material nas vizinhanças. Este fato era obviamente incompatível com a teoria calórica, segundo a qual só podia haver uma quantidade finita ou limitada de fluido de calor em qualquer corpo.

Tendo reunido esses dados adicionais, o Conde Rumford dedicou-se, então, à tarefa de formular uma hipótese capaz de explicar todos os fatos encontrados. Foi com certa relutância que ele abandonou a popular teoria calórica. Mas os fatos eram obstinados e não podiam ser contornados. Rumford escreveu:

... tudo o que qualquer corpo isolado, ou um sistema de corpos, pode continuar fornecendo sem limitações não pode ser uma substância material; e parece-me extremamente difícil, se não inteiramente impossível, formar-se alguma idéia nítida de uma coisa capaz de ser excitada e comunicada da maneira como o calor é excitado e comunicado nestas experiências, a não ser que essa coisa seja o movimento.<sup>24</sup>

A hipótese de Rumford de que o calor é uma forma de movimento recebeu o nome de teoria *mecânica* ou *cinética* do calor. Na base dos fatos à sua disposição, rejeitou a teoria *materialista* ou *calórica*.

Mas, na ciência como em outros domínios, o progresso deve lutar contra a inércia. A teoria calórica fora aceita por muito tempo e a hipótese de Rumford era tão revolucionária que só muito lentamente veio a ser aceita. (Na realidade, fora preconizada por Sir Isaac Newton na pergunta 18 de sua obra *Opticks*, quase um século antes, mas a autoridade de Newton não fora estabelecida nesse domínio.) Antes de a teoria cinética ter podido receber ampla aceitação, fazia-se mister apresentar novas confirmações. Foram outros cientistas que forneceram tais confirmações.

Chegamos, neste ponto, a outro importante aspecto do pensamento científico. A ciência é *social*, uma atividade do grupo e não um empreendimento individual, isolado. Uma estrutura científica pode ser construída ou criada por muitos investigadores, e os ramos da ciência os quais alcançaram maior desenvolvimento foram todos obra de conjunto. A natureza cooperativa da pesquisa científica explica a "objetividade" da ciência. Os dados com que o cientista lida são dados públicos, acessíveis a qualquer investigador qualificado que faça as observações adequadas. Ao relatarem suas experiências, os cientistas incluem uma grande riqueza de pormenores, não pelo seu interesse intrínseco, mas para permitir que outros investigadores repitam o quadro experimental e vejam, por si próprios, se os resultados relatados são realmente produzidos. Há muitos casos em que os indivíduos se equivocam no que julgam ver. Num tribunal, as testemunhas juram ter presenciado fatos que não concordam entre si, mesmo sem qualquer intenção de perjúrio por parte daquelas. Muitas vezes, os homens verão o que esperavam poder ver, ou o que queriam ver, e não o que realmente ocorre. Embora os fatos da experiência constituam a corte de apelação final para os cientistas, esses fatos devem ser públicos e de molde a que qualquer pessoa possa experimentá-los em condições adequadas. Quando experiências elaboradas são repetidas por vários cientistas, uma e outra vez, isso não significa que eles suspeitem ou desconfiem dos resultados obtidos por outros colegas; apenas, isso exprime o acordo universal de que, para serem decisivos, os fatos devem ser públicos e repetíveis.

24. Transcrição autorizada de *Introduction to Modern Physics*, por F. K. Richtmyer. Copyright, 1928, 1934. McGraw-Hill Book Company, Inc.

404

A repetição e controle cuidadosos por observadores qualificados reduzem, ao mínimo, a intromissão de fatores subjetivos e ajudam a manter a objetividade da ciência.

Sir Humphry Davy (1778-1829) foi outro cientista de categoria a interessar-se pela teoria cinética do calor. Das duas teorias existentes, Davy deduziu conseqüências testáveis que eram estritamente incompatíveis entre si. Argumentou que, se a teoria calórica fosse, verdadeira, então, dois pedaços de gelo, os quais estavam inicialmente abaixo do ponto de fusão e que foram mantidos no vácuo, não se fundiriam por maior que fosse a quantidade de fricção que pudesse ser produzida entre eles.<sup>25</sup> Por outro lado, tomando a teoria cinética do calor como premissa, ele tirou a conclusão de que dois pedaços de gelo, os quais fossem esfregados um no outro, se derreteriam, fossem quais fossem suas temperaturas iniciais, e quer a operação se realizasse ou não no vácuo. Essas deduções assinalaram o caminho de novas experiências.

A experiência crucial, possibilitada por essas conclusões, foi então realizada por Davy, que relatou detalhadamente seu método, especificando que utilizara "dois paralelepípedos de gelo, à temperatura de 29°C, tendo quinze centímetros de comprimento, cinco centímetros de altura e dois centímetros de espessura..."<sup>26</sup> Foi verificado experimentalmente que, nas condições descritas, o gelo derretia. Este resultado convenceu Sir Humphry Davy da correção da teoria cinética do calor, assim como da insustentabilidade da teoria calórica. Nas próprias palavras de Davy:

Foi... demonstrado experimentalmente que o calórico, ou seja, a matéria do calor, não existe... Uma vez que os corpos se dilatam por fricção, é evidente que seus corpúsculos devem mover-se, ou devem separar-se uns dos outros. Ora, um movimento ou vibração dos corpúsculos deve ser necessariamente gerado por fricção e percussão. Portanto, podemos razoavelmente concluir que esse movimento ou vibração é o calor, ou o poder de repulsão.

Assim, o calor ou essa força o qual impede o contato real dos corpúsculos e que é a causa da nossa peculiar sensação de calor e frio, poderá ser definido como um movimento peculiar, provavelmente uma vibração dos corpúsculos, tendendo a separá-los.<sup>27</sup>

A verificação experimental levada a efeito por Davy, com base nas suas predições, resultou na confirmação da hipótese de Rumford. Talvez, ainda mais decisivas do que as experiências de Davy, foram

25. Na realidade, sua dedução incluía considerações relacionadas com a teoria da "capacidade de calor" e com o fenômeno de oxidação, mas é demasiado complexa para reproduzi-la aqui, em detalhe. Pode ser encontrada nas páginas 161-165 de *A Source Book in Physics*, de W. F. Magie.

26. *Ibid.*

27. Transcrição autorizada de *A Source Book in Physics*, por William Francis Magie. Copyright, 1935. McGraw-Hill Book Company, Inc.

as do físico britânico James Prescott Joule (1818-1889), que deu caráter *quantitativo* à teoria cinética, quando estabeleceu experimentalmente a equivalência mecânica do calor.

Especialmente em sua forma quantitativa, a teoria cinética do calor tem muitas aplicações. Algumas delas são teóricas; sobretudo, com relação à teoria cinética dos gases, servem para unificar a mecânica com a teoria dos fenômenos térmicos. A quase independente ciência da termodinâmica foi um resultado dessa unificação. Quanto às aplicações práticas da teoria cinética do calor, a mais conhecida pertence ao domínio da refrigeração artificial, que é apenas um dos muitos resultados tecnológicos que essa teoria possibilitou.

## EXERCÍCIOS

1. Analisar a estrutura de um romance policial qualquer, em função dos sete passos examinados nas seções precedentes.

2. Procurar uma descrição de alguma linha específica de pesquisa num livro de divulgação ou semidivulgação científica, e analisar sua estrutura, em função dos sete passos expostos nas seções precedentes.

## VI. AS EXPERIÊNCIAS CRUCIAIS E AS HIPÓTESES AD HOC

Pelas análises já expostas, talvez alguns leitores formem a opinião de que o progresso científico é ridiculamente fácil de realizar. Poderá parecer que, diante de qualquer problema, basta estabelecer todas as hipóteses relevantes para os fatos e, depois, efetuar uma série de experiências cruciais, ou decisivas, que eliminem todas essas hipóteses, menos uma. A hipótese sobrevivente será, pois, "a resposta", e, assim, estaremos aptos a passar ao problema seguinte. Não pode haver, entretanto, uma opinião mais errônea do que essa.

Já assinalamos que a formulação ou descoberta de hipóteses adequadas não constitui um processo mecânico, mas criador; há certas hipóteses que só um gênio é capaz de descobrir. Além disso, também acentuamos que nem sempre é possível realizar experiências cruciais, quer porque de hipóteses alternativas não são deduzíveis diferentes conseqüências observáveis, quer porque nos falte a capacidade de organizar as circunstâncias experimentais em que as diferentes conseqüências possivelmente se manifestariam. Desejamos salientar, neste ponto, uma dificuldade teórica mais genérica, quanto ao programa de decidir entre hipóteses rivais por meio de experiências cruciais. Será conveniente ilustrar nossas considerações, mediante um exemplo razoavelmente simples. Um que nos é familiar, diz respeito à forma da Terra.

Na Grécia Antiga, os filósofos Anaximenes e Empédocles tinham sustentado que a Terra era plana e esta concepção, vizinha do senso comum, ainda tinha fervorosos adeptos na Idade Média e no Renascimento. Cristóvão Colombo, porém, insistia em afirmar que a Terra era redonda — ou, melhor dizendo, esférica. Um dos argumentos de Colombo era que, quando um navio se afastava da costa, as partes superiores do mesmo continuavam sendo visíveis para um observador em terra, muito depois das suas partes inferiores terem desaparecido de vista. Uma versão ligeiramente diferente, do mesmo argumento, foi incluída por Nicolau Copérnico no seu tratado, que marcou um momento culminante da História, intitulado *Das Revoluções das Esferas Celestes*. Na seção II do Livro I desse tratado, intitulada "Onde se trata de que a Terra também é Esférica", ele apresentou uma série de argumentos, visando a estabelecer a verdade desse ponto de vista. Entre esses muitos argumentos citamos o seguinte:

Que os mares assumem uma forma esférica é percebido pelos navegadores. Pois quando a terra ainda não é discernível do convés de um barco, já é visível do alto dos mastros. E se uma tocha for atada ao mastro, quando o navio se afasta da terra, parece aos observadores postados no litoral que a tocha vai descendo, pouco a pouco, até desaparecer totalmente, como o ocaso de um corpo celeste.<sup>28</sup>

Quanto a essas duas hipóteses rivais sobre a forma da Terra, podemos considerar o que já foi relatado como uma descrição de uma experiência crucial. O esquema geral é claro. Da hipótese de que a Terra é plana,  $H_p$ , infere-se que, se um barco se afasta gradualmente, então o seu mastro não será visível, depois de o convés desaparecer, e vice-versa. Por outro lado, da hipótese de que a Terra é esférica,  $H_e$ , deduz-se que, se um barco se afasta gradualmente, o mastro deve continuar visível, depois de o convés ter desaparecido de vista. A explicação pode ser perfeitamente representada por um diagrama.



FIGURA 19

28. Reproduzido de *On the Revolutions of the Heavenly Spheres*, por Nicolau Copérnico, tal como foi publicado em *Masterworks of Science, Digests of 13 Great Classics*, edição organizada por John Warren Knedler, Jr. Copyright, 1947, por Doubleday and Company, Inc.

Na figura, *a* representa a situação que se produziria, se  $H_p$  fosse verdadeira. É evidente que se a Terra fosse plana, não haveria razão alguma pela qual uma parte do barco desapareceria de vista antes de outro. A figura *b* representa a situação correspondente a  $H_e$ . À medida que o barco se afasta, surge entre o observador e o barco a curvatura da Terra, ocultando de sua vista o convés, enquanto o mastro ainda é visível. Em cada caso, representamos em linhas tracejadas os raios de luz os quais vão desde o barco até ao observador. Agora, realiza-se a experiência; um barco que se distancia é atentamente observado, e comprova-se que o mastro se conserva visível, depois que o convés desapareceu. Nossa experiência poderá não ter demonstrado a verdade de  $H_e$ , mas, certamente, estabeleceu a falsidade de  $H_p$ . Temos, pois, aqui, um exemplo tão claro quanto é possível obter de uma experiência crucial.

Não obstante, a experiência que descrevemos está longe de ser crucial. É inteiramente possível aceitar os fatos observados e, apesar disso, sustentar que a Terra é plana. A experiência tem considerável valor como prova, mas não é decisiva. Não é crucial, porque as várias predições testáveis não foram inferidas unicamente das hipóteses  $H_p$  e  $H_e$ , enunciadas, mas, outrossim, delas *mais* a hipótese adicional de que "a luz se propaga em linha reta". Os diagramas mostram-nos claramente que esta suposição adicional é essencial para o argumento. Que o convés desaparece antes do mastro, não é exclusivamente deduzível de  $H_e$ , mas requer a premissa adicional de que os raios de luz seguem um trajeto retilíneo ( $H_r$ ). E que o convés *não* desaparece antes do mastro, não é exclusivamente deduzível de  $H_p$ , pois se requer a mesma premissa adicional: que os raios de luz sigam um trajeto retilíneo ( $H_r$ ). Este último argumento pode ser assim formulado:

A Terra é plana ( $H_p$ ).

Os raios de luz seguem um trajeto retilíneo ( $H_r$ ).

Portanto, o convés de um barco que se distancia *não* desaparece de vista antes do mastro.

Eis um argumento perfeitamente correto, a cujo respeito se observa que a conclusão é falsa. Suas premissas não podem ser ambas verdadeiras; pelo menos uma delas tem que ser falsa. Mas qual delas? Podemos manter a verdade da primeira premissa,  $H_p$ , se estivermos dispostos a refutar a segunda premissa,  $H_r$ . No fim de contas, a segunda premissa não é uma verdade da lógica, mas uma proposição contingente que facilmente poderíamos conceber como falsa. Se adotarmos a hipótese contrária, isto é, que os raios de luz seguem um trajeto curvilíneo, côncavo, no sentido de baixo para cima ( $H_c$ ), que obteremos como conclusão? Neste caso, podemos inferir a negação da conclusão do argumento anterior. De  $H_p$  e  $H_c$

infe-re-se que o convés de um barco que se distancia desaparecerá antes do mastro. A figura 20 explica o raciocínio aqui envolvido.

Nessa figura, a representa a situação, quando o barco está perto da costa, enquanto b mostra que, à medida que o barco se distancia, a Terra, ainda que plana, impede a visão do convés, ao passo que o mastro continua visível. Neste diagrama, os raios de luz também estão representados por linhas tracejadas, mas, neste caso, curvilíneas em vez de retilíneas. A mesma experiência é realizada, o convés desaparece antes do mastro, e o fato observado é perfeitamente compatível com esse grupo de hipóteses o qual inclui  $H_1$ , a afirmação

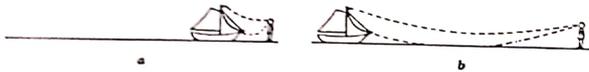


FIGURA 20

de que a Terra é plana. A experiência, portanto, não é crucial a respeito de  $H_1$ , pois essa hipótese pode ser defendida como verdadeira, independentemente do resultado da experiência.<sup>29</sup>

O ponto significativo desta questão consiste em que, no caso de hipóteses de um nível bastante elevado de abstração ou generalidade, não pode ser deduzido de uma só delas qualquer predição observável ou diretamente testável. Todo um grupo de hipótese deve ser usado como premissas, e se os fatos observados não são os preconizados, pelo menos uma das hipóteses do grupo é falsa. Mas não estabelecemos qual delas está errada. Uma experiência pode ser crucial para mostrar que um grupo de hipóteses é insustentável. Mas um tal grupo, usualmente, contém um número considerável de hipóteses distintas, e a verdade de qualquer uma delas pode ser mantida, a despeito de qualquer resultado experimental, por muito "desfavorável" que seja, mediante o simples expediente de rejeitar alguma outra hipótese do grupo. Uma conclusão, freqüentemente extraída destas considerações, é que nenhuma hipótese, individualmente considerada, pode ser jamais submetida a uma experiência crucial.

Talvez as considerações precedentes encontrem vigorosas objeções. Poder-se-á argüir que a experiência em questão refuta "realmente" a hipótese de que a Terra é plana, e talvez se aponte que o argumento, em contrário, é culpado de formular uma hipótese *ad hoc* para obscurecer e contornar os fatos simples do caso. Talvez alguém pressinta que somente a invenção de hipóteses *ad hoc* será capaz de

<sup>29</sup> Esta ilustração foi-me sugerida, pela primeira vez, pelo meu colega Professor C. L. Stevenson.

impedir que algumas experiências sejam cruciais e refutem, decisivamente, as hipóteses isoladas. Esta objeção merece cuidadosa atenção.

O ponto crítico da objeção reside, ao que parece, na expressão *ad hoc*, a qual, neste contexto, tem uma elevada carga pejorativa. Sobre seu significado emotivo não pode haver dúvidas, mas seu significado literal é algo ambíguo. Há três sentidos diferentes em que a expressão *ad hoc* é freqüentemente empregada. Seu primeiro significado, o etimológico, indicaria que uma hipótese *ad hoc* é a que se formula, especialmente, para explicar algum fato, depois de esse fato ter sido estabelecido. Mas, neste sentido, todas as hipóteses são *ad hoc*, pois não faria sentido algum falar de uma hipótese que não tivesse sido ideada para explicar algum fato, antecedentemente, estabelecido. Por conseguinte, o primeiro sentido não se adapta muito bem à significação emotiva e depreciativa da expressão. Assim, deveremos examinar os seus outros significados.

A expressão *ad hoc* também é usada para caracterizar uma hipótese que explica *unicamente* o fato ou fatos particulares para os quais ela foi inventada como justificação e que não tem qualquer outro valor probatório, isto é, mais nenhuma consequência suscetível de verificação. Neste segundo sentido, nenhuma hipótese científica é *ad hoc*, embora toda a hipótese seja *ad hoc*, no primeiro sentido, não é científica; como não é testável, não tem lugar na estrutura da ciência. O segundo sentido de *ad hoc* ajusta-se, perfeitamente, ao significado emocional e depreciativo do termo. Mas convém ter em conta que a hipótese auxiliar sobre a propagação dos raios de luz por trajetos curvilíneos, a qual era suficiente para salvar a hipótese de que a Terra é plana, se for definitivamente refutada pela experiência descrita, só é *ad hoc* no primeiro sentido, não no segundo. Pois, na verdade, tem um considerável número de consequências suscetíveis de comprovação por testes empíricos.

Há um terceiro sentido da expressão *ad hoc* em que esta é empregada para designar uma simples generalização descritiva. Tal hipótese descritiva afirmará, apenas, que todos os fatos de uma determinada espécie ocorrem em uma determinada espécie de circunstâncias, unicamente, pelo que não terão qualquer poder explicativo nem amplitude teórica. Por exemplo, Eijkman apurou que a limitação do regime alimentar a arroz refinado, no pequeno grupo de frangos com que estava trabalhando, provocava polineurite (ver a descrição no exercício 1 da pág. 345, no capítulo precedente, a respeito dos Métodos de Mill). A hipótese de Eijkman, para explicar esse fato, era *ad hoc* no terceiro sentido; ele limitou-se, simplesmente, a extrair a generalização de que uma dieta limitada a arroz refinado provoca a polineurite em qualquer grupo de frangos. Sua hipótese vai mais além do que os simples fatos observados; é testável mediante o controle

dietético de outros grupos de frangos. Porém, é mais descritiva do que explicativa; é mais *puramente* empírica do que teórica. A ciência da nutrição avançou muito desde as contribuições de Eijkman. Para uma explicação mais adequada dos fatos observados pela primeira vez, por Eijkman, são necessárias a identificação das vitaminas e a sua análise. A ciência procura explicar, mais do que meramente descrever, e as hipóteses que consistem em generalizações puras e simples dos fatos observados têm o nome de hipóteses *ad hoc*.

O exemplo clássico de uma hipótese *ad hoc*, neste terceiro sentido, é o Efeito de Contração, de Fitzgerald, o qual foi apresentado para explicar os resultados da experiência de Michelson-Morley sobre a velocidade da luz. Ao afirmar que os corpos se contraem, quando se deslocam a velocidades extremamente elevadas, Fitzgerald explicava os dados obtidos; sua descrição era testável, mediante repetições da experiência. Mas era geralmente considerada uma hipótese *ad hoc*, em vez de explicativa, e só com o aparecimento da Teoria Especial da Relatividade, de Einstein, os resultados anômalos da experiência de Michelson-Morley receberam uma explicação adequada, isto é, teórica. Convém salientar que a hipótese auxiliar sobre as trajetórias curvas dos raios de luz tampouco é *ad hoc* neste terceiro sentido, visto que não se trata de uma mera generalização de fatos observados. (De fato, é um ingrediente essencial na Teoria Geral da Relatividade.)

Segundo parece, a situação geral caracteriza-se pelo fato de não ser necessário recorrer a hipóteses *ad hoc* — no segundo ou terceiro sentidos do termo, os quais são os depreciativos — para impedir que as experiências sejam cruciais. Ainda que limitemos nossa atenção às hipóteses teoricamente significativas, jamais recorrendo a qualquer hipótese *ad hoc*, nunca haverá experiências cruciais para hipóteses individuais, uma vez que as hipóteses só podem ser testadas em grupos.<sup>20</sup> Essa limitação serve para mostrar, uma vez mais, o caráter sistemático da ciência. O progresso científico consiste em construir teorias cada vez mais adequadas para explicar os fatos da experiência. E certamente importante reunir ou comprovar fatos particulares isolados, porquanto a base fundamental da ciência é fatorial. Mas a estrutura teórica da ciência cresce de um modo mais orgânico. No âmbito da teoria, pode realizar-se um avanço parcelado, um passo de cada vez, mas somente no quadro de um corpo geralmente aceito de teoria científica. A idéia de que as hipóteses, teorias e leis científicas são totalmente separadas, independentes, é uma concepção ingênua e obsoleta.

<sup>20</sup> Este ponto de vista foi defendido persuasivamente por P. Duhem em *The Aim and Structure of Physical Theory* (tradução por P. P. Wiener, Princeton, 1954). Uma contestação ao mesmo, encontra-se em "The Duhemian Argument", por Adolf Grünbaum, em *Philosophy of Science*, Vol. 27, N.º 1, janeiro de 1960.

Entretanto, a expressão "experiência crucial" não é inútil. No quadro de uma teoria científica aceita, cuja validade não é discutida, uma hipótese *pode* ser submetida a uma experiência crucial. Se um resultado negativo for obtido — isto é, se não se produzir o fenômeno que fora previsto na base da hipótese duvidosa, em conjunto com algumas partes da teoria científica aceita — então a experiência é crucial e determina a rejeição da hipótese. Mas em tal procedimento nada existe de absoluto, visto que até mesmo as teorias científicas bem estabelecidas podem ser abandonadas, diante de novos fatos que as refutem. A ciência não é monolítica, tanto na sua prática como nas suas finalidades.

Talvez a lição mais significativa para se aprender, de todas as considerações precedentes, seja a importância de que se reveste, para o progresso científico, tudo o que ponha a descoberto as "suposições ocultas". Que a luz viaja em linha reta era pressuposto nos raciocínios de Colombo e Copérnico, mas era uma suposição oculta. Porque estão ocultas, não é possível examinar, criticamente, tais suposições e decidir, com conhecimento de causa, se são verdadeiras ou falsas. O progresso resulta, freqüentemente, de formular-se, em termos explícitos, uma suposição que se mantenha previamente oculta, para então a escrutinar e rejeitar. Um exemplo disso, importante, notável, ocorreu, quando Einstein pôs em dúvida a suposição, universalmente aceita, de que fez sempre sentido afirmar, a respeito de dois acontecimentos, que estes se produziram *ao mesmo tempo*. Ao analisar o modo como um observador pôde descobrir se dois acontecimentos distantes ocorreram "ao mesmo tempo", Einstein chegou à conclusão de que dois acontecimentos podiam ser simultâneos para alguns observadores, e não para outros, segundo suas posições e velocidades relativas aos acontecimentos em estudo. Rejeitando a suposição, ele foi levado à Teoria Especial da Relatividade, o que constituiu um enorme progresso na explicação dos fenômenos revelados pela experiência de Michelson-Morley. É óbvio que, antes de poder ser contestada, uma suposição deve ser reconhecida. Por conseguinte, é muito importante, na ciência, formular explicitamente todas as suposições relevantes em qualquer hipótese, não consentindo que quaisquer delas se conservem ocultas.

## VII. CLASSIFICAÇÃO COMO HIPÓTESE

Pode-se objetar que as hipóteses só desempenham papéis importantes nas ciências mais avançadas, não naquelas que estão relativamente menos desenvolvidas. É possível argumentar que, embora as hipóteses explicativas sejam fundamentais para as ciências como para a Física e Química, não desempenham papel algum — pelo menos por agora — nas ciências biológicas ou sociais. Estas últimas encontram-se, ainda, na fase descritiva e tem-se a impressão de que o

método da hipótese não é relevante para as chamadas ciências descritivas, como a Botânica e a História. Esta objeção é facilmente refutada. Um exame da natureza da descrição mostrará que este se baseia também em hipóteses ou que as consubstancia. As hipóteses são bases essenciais para os diversos sistemas de taxionomia, ou para classificação na Biologia, assim como na História ou quaisquer outras ciências sociais.

A importância da hipótese na ciência da História é facilmente demonstrada e examiná-la-emos em primeiro lugar. Alguns historiadores acreditam que o estudo da História revelará a existência de um único propósito ou esquema cósmico, quer religioso, quer naturalista, o qual explica todo o curso da História registrada. Outros negam a existência de um tal designio cósmico, mas insistem em que o estudo da História revela certas leis históricas que explicam a seqüência real de acontecimentos passados e podem ser usadas para a previsão do futuro. Numa e noutra dessas concepções, o historiador busca explicações a que se ajustem os acontecimentos conhecidos do passado e que sejam pelos mesmos confirmadas. Portanto, em ambas essas concepções, a História é uma ciência mais teórica do que meramente descritiva, e o papel da hipótese deve ser reconhecido como central na atividade do historiador.

Existe, porém, um terceiro grupo de historiadores o qual se propõe o que, aparentemente, é um objetivo mais modesto. Segundo esse grupo, a tarefa do historiador consiste, simplesmente, em fazer a crônica do passado, em descrever apenas os eventos pretéritos em sua ordem cronológica. Nesta concepção, conforme se julga, o historiador "científico" não precisa de hipóteses, visto que se preocupa com os próprios fatos, não com teorias sobre os mesmos.

Mas os eventos passados não são tão facilmente historiados, quando esse ponto de vista parece subentender. O passado, propriamente dito, não está ao alcance direto desse tipo de descrição. O que existe e é acessível ao historiador são registros documentais e vestígios atuais do passado, abrangendo uma vasta gama que vai desde os arquivos oficiais do governo do passado recente até aos utensílios de épocas remotas, desenterrados nas escavações dos arqueólogos. São estes os únicos fatos de que o historiador dispõe e, a partir deles, deve inferir a natureza desses eventos passados que se propõe descrever. Nem todas as hipóteses são gerais; algumas são particulares. A descrição do passado, feita por um historiador, é uma hipótese particular que pretende explicar os seus dados atuais e da qual estes constituem uma prova.

O historiador é um detetive em grande escala. Os métodos de ambos são idênticos, assim como as suas dificuldades. As provas são escassas e muitas delas foram destruídas — quando não pelo

canhestro policial local, ou então pelas guerras, pelas catástrofes naturais. E assim como o criminoso pode deixar pistas falsas para ludibriar o seu perseguidor, fazendo-o perder o rastro, assim também muitos "registros" atuais são falsificações do passado as quais se propõem descrever, quer intencionais, como no caso de documentos históricos forjados, tal como a "Doação de Constantino", quer inadvertidas, como nos escritos dos historiadores primitivos, ainda desprovidos de sentido crítico. Assim como o detetive deve utilizar o método da ciência na formulação e comprovação de suas hipóteses, assim também o historiador deve construir suas hipóteses. Mesmo aqueles historiadores que procuram limitar-se às meras descrições de eventos passados têm que elaborar tais hipóteses: são teóricos, malgrado eles próprios.

O biólogo está numa situação um tanto mais favorável. Os fatos com que lida estão presentes e são acessíveis à inspeção direta. Para descrever a flora e fauna de uma região dada, não precisa fazer as elaboradas inferências do gênero a que os historiadores estão condenados. Os dados podem ser diretamente percebidos. Sua descrição desses itens não é casual, evidentemente, mas sistemática. Diz-se, usualmente, que ele *classifica* plantas e animais, e que não os *descreve*, meramente. Mas a classificação e a descrição constituem, deste modo, o mesmo processo. Descrever um dado animal como carnívoro é classificá-lo como carnívoro; classificá-lo como réptil é descrevê-lo como tal. Descrever qualquer objeto, como tendo certas propriedades, é classificá-lo como membro da classe de objetos o qual tem essas propriedades.

A classificação, tal como é geralmente entendida, envolve não só uma divisão única de objetos em grupos distintos, mas também outras subdivisões de cada grupo em subgrupos ou subclasses etc. Este padrão é conhecido de todos nós; se não for através dos nossos vários estudos escolares, então, será certamente, pelo velho jogo de "Animal, Vegetal ou Mineral?" ou sua versão mais moderna, no estilo dos concursos de "Vinte Perguntas", em voga na televisão. Deixando de lado tais jogos, muitos são os motivos que levam os homens a classificar objetos. O homem primitivo, para sobreviver, necessitou classificar as raízes e bagos em comestíveis ou venenosos, os animais em perigosos ou inofensivos e os outros homens como amigos ou inimigos. As pessoas são propensas a estabelecer distinções de importância prática para elas e a ignorar as que desempenham um papel menos imediato em seus assuntos. Um agricultor classificará, cuidadosa e minuciosamente, os cereais e hortaliças, mas chamará todas as flores de "ramos de flores", ao passo que um florista classificará sua mercadoria com o maior cuidado, mas poderá agrupar todas as safras do agricultor sob o nome de "produtos agrícolas". Há muitos motivos que possam levar-nos a classificar coisas. Uns de caráter prático, outros teóricos. Se uma pessoa possui, apenas, três ou quatro

livros, conhecê-los-á muito bem, e poderá abrangê-los, facilmente, com um simples relance, de modo que não precisará classificá-los. Mas, numa biblioteca pública ou universitária, com milhares de volumes, a situação é diferente. Se os livros não fossem classificados, o bibliotecário jamais conseguiria encontrar os que procura, e a coleção seria praticamente inútil. Quanto maior é o número de objetos, maior é a necessidade de classificá-los. Uma finalidade prática de classificação é, portanto, facilitar o acesso às grandes coleções. Isto é especialmente óbvio, no caso das bibliotecas, museus e arquivos públicos de qualquer espécie.

Em consideração ao propósito teórico dessa análise, devemos compreender que a adoção deste ou aquele esquema alternativo de classificação não constitui algo que possa ser considerado verdadeiro ou falso. Os objetos podem ser descritos de diferentes maneiras, segundo os vários pontos de vista. O esquema de classificação adotado depende da finalidade ou interesse do que classifica. Por exemplo, os livros seriam classificados diferentemente por um bibliotecário, um encadernador ou um bibliófilo. O bibliotecário classificá-los-ia de acordo com o seu conteúdo ou tema, o encadernador, segundo seu tipo de encadernação, e o bibliófilo de acordo com sua data de impressão, ou talvez sua relativa raridade. É claro que as possibilidades não ficam, assim, esgotadas: um distribuidor de livros dividí-los-ia para embalagem, segundo o formato e tamanho, e as pessoas, ainda com outros interesses, classificá-los-iam, de algum outro modo adequado, aos seus diferentes propósitos.

Ora, qual é a vantagem ou propósito especial que pode levar um cientista a preferir um esquema de classificação a um outro? A finalidade do cientista é o conhecimento, não apenas deste ou daquele fato particular, mas das leis gerais a que esses fatos obedecem e de suas correlações causais. Do ponto de vista do cientista, um esquema de classificação é melhor do que outro, à medida que se torna mais fértil na sugestão de leis científicas e mais prestável na formulação de hipóteses explicativas.

O motivo teórico ou científico para classificar objetos é o desejo de aumentar o conhecimento que temos a respeito dos mesmos. O maior conhecimento das coisas significa uma compreensão mais profunda das suas propriedades, de suas semelhanças e diferenças e de suas relações mutuas. Um esquema de classificação feito para fins estritamente práticos poderá destinar-se a obscurecer semelhanças e diferenças de grande importância. Assim, uma divisão de animais em perigosos e inofensivos, por exemplo, consignaria o javali e a cabrel a uma classe, o porco doméstico e a cobra dos prados a outra classe, desviando a atenção do que hoje consideraríamos diferenças profundas, para destacar apenas semelhanças superficiais. Uma classificação de objetos, cientificamente proveitosa, exige consideráveis conhecimentos desses objetos. Um conhecimento limitado de suas

propriedades mais óbvias levar-nos-ia a classificar os morcegos em aves, como criaturas voadoras, e as baleias em peixes, como criaturas que vivem no mar. Mas um conhecimento mais amplo levar-nos-ia a classificar, tanto os morcegos como as baleias, em mamíferos, visto que, sendo animais de sangue quente, gerando suas crias no próprio ventre e amamentando-as, têm características muito mais importantes para basear um esquema de classificação.

Uma característica é importante, quando serve como indício da presença de outras características. Do ponto de vista da ciência, uma característica importante é a que se encontra ligada causalmente a muitas outras características e, por conseguinte, é relevante para a determinação de um número máximo de leis causais e a formulação de hipóteses explicativas, eminentemente gerais. O melhor esquema de classificação é, pois, aquele que se baseia nas características mais importantes dos objetos a classificar. Mas não sabemos, antecipadamente, que leis causais são as que prevalecem e, além disso, as leis causais compartilham a natureza das hipóteses, conforme enfatizamos no capítulo anterior. Portanto, qualquer decisão relativa que o esquema de classificação adotar já é, por si mesma, uma hipótese que investigações subsequentes podem levar-nos a rejeitar. Se as investigações ulteriores revelarem que outras características são mais importantes, isto é, que envolvem um maior número de leis causais e hipóteses explicativas, é razoável esperar-se que o esquema anterior de classificação seja abandonado em favor de um mais recente, baseado nas características mais importantes.

Esta concepção dos esquemas de classificação como hipóteses é corroborada pelo papel real que tais esquemas desempenham nas ciências. Assim, a taxonomia é um ramo legítimo, importante e em evolução da Biologia, na qual alguns esquemas de classificação, como o de Lineu, foram adotados, usados e, subsequentemente, abandonados em favor de outros melhores, os quais estão, por seu turno, sujeitos a modificações, à luz de novos dados. Geralmente, a classificação reveste-se de maior importância nas fases iniciais ou menos desenvolvidas de uma ciência. Mas sua importância nem sempre poderá diminuir com o progresso dessa ciência. Por exemplo, o esquema de classificação padronizado dos elementos que compõem a Tabela de Mendeleeff ainda constitui um instrumento importante para o investigador, numa ciência relativamente muito avançada como é a Química.

A luz das considerações já citadas, poderemos fazer ainda mais uma observação sobre a função da hipótese na ciência da História. Assinalamos que as descrições do historiador, de eventos passados, constituem hipóteses baseadas nos dados atuais. Mas há uma função adicional e igualmente significativa que as hipóteses desempenham na tarefa descritiva do historiador. É óbvio que não se pode descrever em completo detalhe uma época ou evento históricos de certa ampli-

tude. Mesmo que todos os pormenores fossem conhecidos, nenhum historiador teria possibilidades de incluí-los em sua narrativa. A vida é demasiado curta para permitir uma descrição exaustiva de qualquer coisa. Por isso, o historiador tem que descrever o passado seletivamente, registrando, apenas, alguns de seus aspectos. Qual é a base para tal seleção? Evidentemente, o historiador deseja incluir em suas descrições tudo o que seja significativo, importante, e ignorar tudo o que careça de significado e seja trivial. As preferências subjetivas deste ou daquele historiador podem levá-lo a salientar, indevidamente, os aspectos religioso, econômico, biográfico, ou qualquer outro do processo histórico. Mas, à medida que possa fazer uma apreciação objetiva ou científica, o historiador considerará importantes aqueles aspectos que tomam parte na formulação de leis causais ou hipóteses explicativas gerais. Tais apreciações, é claro, estão sujeitas a correções, à luz de pesquisas ulteriores.

O primeiro historiador do Ocidente, Heródoto, descreveu numerosos aspectos dos eventos cuja crônica lavrava tanto aspectos culturais e pessoais como políticos e militares. O primeiro historiador científico, Tucídides, limitou-se muito mais aos aspectos políticos e militares. Durante um longo período, a maioria dos historiadores seguiu Tucídides, mas, agora, o pêndulo está-se inclinando para a direção oposta, e os aspectos econômicos e culturais do passado estão recebendo cada vez maior ênfase. Assim como o esquema de classificação do biólogo consubstancia sua hipótese sobre quais são as características das coisas vivas que envolvem um número máximo de leis causais, assim também a decisão do historiador de descrever os acontecimentos do passado em função de um conjunto de propriedades, de preferência a um outro conjunto, concretiza sua hipótese sobre quais são as propriedades que estão causalmente relacionadas com um número máximo de outras propriedades. Exige-se tal hipótese para que o historiador possa começar qualquer descrição sistemática do passado. É este caráter hipotético da classificação e da descrição, quer biológicas ou históricas, o qual nos leva a considerar a hipótese como o método universal do inquérito científico.

## EXERCÍCIOS

Em cada um dos seguintes trechos:

- Quais são os dados para serem explicados?
- Que hipótese são propostas para esclarecê-los?
- Avallar as hipóteses em função dos critérios apresentados na seção II.

★ 1. Como Vênus tem um movimento de rotação muito lento, poderíamos ser tentados a concluir que, tal como Mercúrio, Vênus mantém uma face voltada sempre para o Sol. Se essa hipótese fosse correta, deveríamos esperar que

o lado da sombra fosse excessivamente frio. Pettit e Nicholson mediram a temperatura do lado sombrio de Vênus. Concluíram que a temperatura não é baixa, sendo o seu valor de apenas  $-5^{\circ}\text{C}$ , muito mais quente do que nossa estratosfera, em plena luz do dia. É improvável que as correntes atmosféricas do lado brilhante de Vênus possam aquecer perpetuamente o seu lado sombrio. O planeta deve girar, com frequência bastante, para impedir que o lado sombrio se arrefeça excessivamente.

FRED L. WHIPPLE, *Earth, Moon and Planets*

2. As reações toxinas e antitoxinas foram os primeiros processos imunológicos a que se pôde aplicar a precisão experimental, e a descoberta de princípios de grande importância resultou de tais estudos... O mais simples pressuposto para explicar o modo como uma antitoxina torna uma toxina inócua seria o de que a antitoxina destrói a toxina. Contudo, Roux e Buchner deduziram que as antitoxinas não atuam diretamente sobre as toxinas, mas afetam-nas indiretamente, por intermédio das células dos tecidos. Ehrlich, por outro lado, concebeu a reação de toxina e antitoxina como uma união direta, análoga à neutralização química de um ácido por uma base.

A concepção da destruição das toxinas foi concludentemente refutada pelas experiências de Calmette. Este observador, que trabalhava com venenos de ofídios, descobriu que o próprio veneno (ao invés da maioria das outras toxinas) possui a propriedade de resistir a  $100^{\circ}\text{C}$ , ao passo que a sua antitoxina específica, como as outras antitoxinas, era destruída por volta dos  $70^{\circ}\text{C}$ . Misturas não-tóxicas das duas substâncias, quando submetidas ao calor, recuperavam suas propriedades tóxicas. A inferência natural dessas observações foi que a toxina, em sua mistura original, não tinha sido destruída, mas, simplesmente, inativada pela presença da antitoxina e libertada de novo, após a destruição da antitoxina pelo calor.

HANS ZINSSER e STANHOPE BAYNE-JONES,  
*A Textbook of Bacteriology*

3. Houve muita especulação em torno da origem das crateras lunares. Uma hipótese é que elas seriam os resultados do impacto de pesados meteoros na superfície da Lua, quando ainda era macia. Contudo, a explicação mais provável para essas formações peculiares parece ser a teoria de que são produzidas pelos gases libertados da matéria rochosa da Lua, durante o processo de sua solidificação. É razoável supor que o material, em fusão, da Terra (e, por conseguinte, o da Lua) contenha, em solução, uma grande parte dos gases e vapores que formam nossa atmosfera e as águas dos oceanos. Enquanto a solidificação se processava, esses gases e vapores d'água escapavam constantemente, através da superfície viscosa, erguendo gigantescas bolhas que estouravam e deixavam os anéis circulares de matéria elevada atrás delas... O leitor pode, facilmente, imaginar o processo que ocorreu na superfície da Lua, num passado remoto, se observar a fritura de certas panquecas e vir a formação de bolhas e crateras na superfície das mesmas.

GEORGE GAMOW, *Biography of the Earth*<sup>11</sup>

## 4. A Migração dos Anjos

Com o advento dos mais poderosos aparelhos de radar, que empregam altas frequências, os operadores de radar têm sido importunados pelos "anjos": ovens de pontos que, de tempos em tempos, aparecem nas telas e, por vezes, ornar-se, suficientemente, densas para obliterar aquilo que o observador pro-

11. George Gamow, *Biography of the Earth*, The Viking Press, Inc., Nova Iorque, 1959.

cura ver. O que causa, precisamente, os anjos tem sido um mistério. Alguns cientistas sugerem que várias condições meteorológicas podem ser as responsáveis, mas outros observam que, dificilmente, isso poderia constituir uma explicação, visto que os anjos, usualmente, deslocam-se com mais velocidade que o vento.

Após estudos efetuados independentemente, três investigadores britânicos concluíram que os anjos são, apenas, imagens, no radar, de bandos de aves migratórias, sobretudo, pequenas aves canoras. Em *Proceedings of the Royal Society* eles apresentaram suas provas:

A atividade dos anjos atinge o auge em finais de março e, de novo, em finais de outubro. A migração de pequenas aves, na Grã-Bretanha, ocorre, justamente, nessas duas estações. Há picos diários na atividade dos anjos, cerca das 10 horas da manhã e das 10 horas da noite. A maioria das pequenas aves migratórias alimenta-se durante o dia, e começa a voar, após o escurecer. Outras, incluindo os corvos e estorninhos, voam de manhã cedo.

Os anjos são mais frequentes nos dias claros, especialmente após um período de tempestades. As aves migratórias tendem a abrigar-se das tempestades, no solo e, depois, reatam os vôos, assim que faz o primeiro dia bom.

Se os pássaros são, de fato, responsáveis pelos anjos, então parece haver muito pouco que os operadores de radar possam fazer para manter suas telas limpas. Por outro lado, o radar pode constituir um instrumento valiosíssimo para os ornitólogos, que, até hoje, não dispunham de um meio adequado para observar as migrações noturnas.

Os autores dos relatórios foram J. G. Tedd, do Comando de Caças da R.A.F., David Lack, do Instituto de Ornitologia Experimental "Edward Grey", de Oxford e W. G. Harper, do Escritório de Meteorologia da Grã-Bretanha.

"Science and the Citizen", *Scientific American*<sup>32</sup>

★ 5. O Dr. Konrad Buettner, da Universidade da Califórnia, Los Angeles, sugeriu, recentemente, a hipótese de que, durante a vida da Lua, o permanente influxo de raios cósmicos triturou, lentamente, as rochas das camadas superiores da superfície lunar até convertê-las numa fina poeira. Que o revestimento da Lua não pode consistir em rochas maciças foi demonstrado, através das medições de temperatura, durante os eclipses lunares. Assim que a sombra da Terra se espalha sobre a área que está sendo medida, a temperatura cai verticalmente e, meia hora depois, está a 200°F., abaixo da temperatura que tinha em pleno Sol. Quando a sombra passa, a temperatura eleva-se, de novo, na mesma escala vertical. Nenhum pedaço de rocha sólida pode arrefecer e aquecer tão rapidamente. Essas mudanças drásticas de temperatura só podem ser explicadas pela existência de uma espessa camada de poeira isolante do calor, tão fina quanto pó de arroz. A espessura da camada deve ter, pelo menos, um considerável número de centímetros. Os jatos de areia, da poeira meteórica, também trituram a superfície da Lua, mas os raios cósmicos podem realizar, presumivelmente, um trabalho muito melhor.

HEINZ HABER, *Man in Space*<sup>33</sup>

6. Em 7 de janeiro de 1610, à uma hora da manhã, quando dirigia seu telescópio para Júpiter, ele observou três estrelas perto do corpo do planeta, duas a leste e uma a oeste. Estavam todas em linha reta, paralelas à eclíptica,

32. Reproduzido de "Science and the Citizen", em *Scientific American*, Vol. 200, N.º 3, março de 1959.

33. *The Man in Space*, por Heinz Haber. Copyright, 1953. Usado por autorização especial dos editores, The Bobbs-Merrill Company, Inc.

e pareciam mais brilhantes do que outras estrelas da mesma magnitude. Acreditando tratar-se de estrelas fixas, não prestou grande atenção às suas distâncias de Júpiter, e de uma a outra. Porém, quando em 8 de janeiro, por alguma outra causa, teve que observar, de novo, as estrelas, encontrou-as numa posição muito diferente: as três estavam a oeste de Júpiter, mais perto umas das outras que antes, e a distâncias quase iguais. Embora não tivesse dirigido sua atenção para o extraordinário fato da aproximação mútua das estrelas começou pensando, contudo, como seria possível que Júpiter se encontrasse agora a leste das três estrelas, quando, apenas, na véspera estivera a oeste de duas delas. A única explicação que podia dar a esse fato era que o movimento de Júpiter era direto, em contradição com os cálculos astronômicos, e que deixara, para trás, essas duas estrelas por causa do seu próprio movimento.

Nesse dilema, entre o testemunho de seus sentidos e os resultados de cálculos, aguardou a chegada da noite seguinte, preso da maior ansiedade; mas suas esperanças se frustraram, pois o céu estava inteiramente coberto de nuvens. No dia 10, apareceram, apenas, duas das estrelas, ambas a leste do planeta. Como era obviamente impossível que Júpiter tivesse avançado de oeste para leste, no dia 8 de janeiro, e de leste para oeste no dia 10, Galileu viu-se forçado a concluir que o fenômeno observado era devido ao movimento próprio das estrelas e dispôs-se diligentemente, a observar suas mudanças de lugar. No dia 11, ainda havia, apenas, duas estrelas, e ambas a leste de Júpiter, mas a estrela situada mais a leste *tinha agora, o dobro do tamanho da outra*, apesar de, na noite anterior, serem perfeitamente iguais. Esse fato projetou nova luz sobre as dificuldades de Galileu, e este, imediatamente, extraiu a conclusão que considerava ser indubitável, "que havia, no céu, três estrelas que gravitavam em torno de Júpiter, da mesma maneira que Vênus e Mercúrio gravitavam em torno do Sol". Em 12 de janeiro, observou-as, outra vez, em novas posições e de magnitudes diferentes; e a 13, descobriu uma quarta estrela, o que completava o número de quatro planetas secundários de que Júpiter está cercado.

SIR DAVID BREWSTER, *The Martyrs of Science*

7. Também por muito sólidas que possam ser as coisas, poderei saber, não obstante, por estas observações, que elas são de raro corpo: nos rochedos e cavernas, a umidade da água tudo impregna, e todas as coisas choram abundantes gotas; o alimento distribui-se por todo o corpo das coisas vivas; as árvores crescem e dão frutos em sua estação, porque o alimento está difundido no todo, desde as raízes até às ramadas, passando pelo tronco. As vozes atravessam as paredes e voam através das casas fechadas, como se fossem luçadas de endurecida geada, penetrando até aos ossos. Ora, se não há partes vazias, por onde os corpos podem passar separadamente? Compreendereis ser isso inteiramente impossível. Uma vez mais, por que vemos que uma coisa supera outra em peso, embora não seja maior em tamanho? Pois se há tanto corpo num novelo de lã quanto num pedaço de chumbo, é natural que pesem o mesmo, visto que a propriedade do corpo é fazer com que todas as coisas pesem para baixo, enquanto a natureza do vazio, pelo contrário, é jamais ter peso. Portanto, quando uma coisa é de igual tamanho de outra, mas se verifica que pesa menos, isto prova, certamente, que tem mais vazio em si, enquanto aquela que pesa mais revela ter em si mais corpo e conter muito menos vazio. Por conseguinte, o que estamos buscando com razão aguda, certamente existe misturado nas coisas; e lhe damos o nome de vazio.

LUCRECIO, *Da Natureza das Coisas*, Livro I

8. Durante muitos anos, alongou-se uma animada controvérsia entre os químicos, a respeito de um estranho fenômeno aparente, conhecido como "forças de longo alcance". Foi iniciada por certas observações de Alexandre Rothen,

do Instituto Rockefeller de Pesquisas Médicas. Verificou ele que algumas moléculas pareciam ter o poder de reagir quimicamente entre si, a distâncias relativamente grandes, ainda que estivessem separadas por uma barreira de plástico (*Scientific American*, outubro de 1940). Como essa descoberta conflitava com toda a teoria química, a qual supõe que as moléculas só podem interagir, quando estão em contato, os químicos mostravam-se, no mesmo tempo, intrigados, incrédulos. Muitos tentaram refutar ou explicar os resultados de Rothen. Dois investigadores relataram, agora, ter descoberto uma explicação ortodoxa para os achados de Rothen.

Numa experiência típica, Rothen cobriu uma camada de albumina de 50 Angströms de espessura (um Angström é cerca de 1/40.000.000 de polegada) com uma camada de 200 Angströms de plástico inerte. Em clima do plástico, colocou uma película de anticorpos protéicos a qual combina especificamente com a albumina. Apesar da barreira de plástico, o anticorpo reagiu com a albumina que estava por baixo daquela.

Os químicos que punham em dúvida a teoria de que a reação é efetuada por forças de longo alcance decidiram, então, que o plástico devia ser menos impermeável do que parecia. As moléculas deviam ter migrado através do plástico, de um modo ou de outro, quer em virtude de fendas acidentais, ou através de alguma abertura desconhecida. Hans J. Trumit, do Centro de Química do Exército, em Maryland, relata, agora, ter conseguido estabelecer como as moléculas atravessaram o plástico. Disse ele que a "barreira" de plástico era, na realidade, uma tela fina, reticular, com orifícios devidos à sua estrutura física natural. Os anticorpos estudados por Rothen encontravam-se, normalmente, numa solução de sal fosfático. Trumit depositou uma solução de fosfato puro, completamente livre de anticorpos, sobre os preparados de plástico-albumina. Após 10 minutos, encontrou parte da albumina subjacente na solução de fosfato. Suas observações indicavam que a solução se filtrava através de orifícios do plástico e estabelecia contato com a camada de baixo. Então, algumas das moléculas de albumina dissolviam-se e "flutuavam" na superfície da tela de plástico.

Novas provas de que o plástico apresenta orifícios serão publicadas, em breve, por S. J. Singer, do Instituto de Tecnologia da Califórnia, e o próprio Rothen encontrou provas semelhantes. Contudo, Rothen ainda acredita que os novos fatos não explicam todas as suas experiências e que as forças de longo alcance poderão atuar em certos casos.

"Science and the Citizen", *Scientific American*<sup>34</sup>

9 Os crustáceos, como muitos invertebrados, têm órgãos chamados otocistos. Trata-se de pequenas bolsas, contendo, cada uma delas, um tufo capilar que está ligado a terminais nervosos na sua base. Por cima desse tufo, repousa uma massa de material pétreo denominado otólito. Na maioria dos crustáceos, os otocistos estão completamente encerrados, mas num gênero de camarão, o Palaemon, estão abertos e formam bolsas na concha do animal. O Palaemon não segrega otólitos, mas agita a areia no fundo da água e absorve grãos pelas aberturas dos otocistos, enchendo-os. Isto feito, a abertura do otocisto fecha-se. Como todos os crustáceos mudam periodicamente de carapaça, o Palaemon tem de repetir aquele processo depois de cada muda.

A função dos otocistos manteve-se na dúvida, até finais do século XIX. Havia certas razões para considerá-los órgãos do equilíbrio, pois se o animal se deslocava, de modo que a pressão do otólito sobre os cabelos fosse a

34. Reproduzido de "Science and the Citizen", em *Scientific American*, Vol. 132, N.º 3, março de 1950.

maior possível, ele detinha-se, automaticamente, com o lado direito para cima. Contudo, não foi possível dar qualquer prova conclusiva de que fosse essa a função dos otocistos.

Em 1893, Kriedel colocou um Palaemon, que acabara de mudar de carapaça, num aquário, cujo fundo foi coberto de limpa de ferro em vez de areia. Na falta de areia, o Palaemon absorveu, em seus otocistos aquele material; em seguida, Kriedel colocou um poderoso eletromagneto perto do animal. Este voltou-se, inclinando o dorso, de modo a formar um ângulo de afastamento do magneto. Kriedel raciocinou que a atração exercida pelo magneto sobre a limpa de ferro, guardada nos otocistos, fazia com que o camarão se movesse, de modo a manter, ao máximo, a pressão sobre os cabelos. Isto estava de acordo com a teoria, que Kriedel considerou, portanto, estabelecida.

A experiência foi repetida numerosas vezes, notadamente por Prentiss, sempre com o mesmo resultado.

PAUL HENLE e W. K. FRANKENA, *Exercises in Elementary Logic*<sup>35</sup>

10. Uma noite, enquanto passeava com o Dr. Frink, encontramos-nos casualmente com um colega, o Dr. P., a quem eu já não via há muitos anos, e de cuja vida particular nada sabia. Ficamos muito satisfeitos, naturalmente, pelo reencontro e, a meu convite, acompanhou-nos a um café, onde passamos um par de horas em agradável conversa. A minha pergunta sobre se casara, respondeu-me negativamente e acrescentou: "Por que havia de casar um homem como eu?"

Ao sairmos do café, voltou-se bruscamente para mim e disse: "Gostaria de saber o que você faria num caso como este: Conheço uma enfermeira que foi citada como correspondente do acusado, num processo de divórcio por adultério. A esposa foi quem processo o marido para obter o divórcio e acusou a enfermeira de cúmblice, e ele obteve o divórcio". Interrompi-o dizendo: "Você quis dizer que ela obteve o divórcio, não é?" Ele imediatamente se corrigiu e disse: "Sim, ela obteve o divórcio...", e continuou dizendo como a excitação do julgamento afetara essa enfermeira, de tal modo, que se tornara uma mulher nervosa e se entregara ao álcool. Querida que eu o aconselhasse como tratá-la.

Logo que lhe corrigi o erro, pedi-lhe que o explicasse, mas, como acontece, usualmente, nestes casos, ele mostrou-se surpreendido com minha pergunta. E disse que se uma pessoa não tinha o direito de cometer algum erro ao falar. Expliquei-lhe que há sempre uma razão para todos os erros, e que se ele não me tivesse dito que era solteiro, eu teria acreditado que o protagonista do processo de divórcio era ele próprio, e que o erro revelava que ele teria desejado obter o divórcio em vez da mulher, para não ser obrigado a pagar uma pensão alimentar, e poder casar, de novo, no Estado de Nova Iorque.

Negou, veementemente, minha interpretação, mas sua agitação emocional, seguida de estrepitosas gargalhadas, apenas serviu para reforçar minha suspeita. Ao meu apelo para que dissesse a verdade, "em prol da ciência", respondeu ele: "A menos que você deseje que eu minta, deve acreditar que nunca me casei e, portanto, sua interpretação psicanalítica está inteiramente errada". Entretanto, acrescentou ser perigoso andar na companhia de uma pessoa que prestava atenção a semelhantes ninharias. Depois, lembrou-se, repentinamente, de que tinha um outro compromisso e deixou-nos.

Tanto o Dr. Frink como eu estávamos convencidos de que minha interpretação do seu *lapsus linguae* era correta e decidi corroborá-la ou reprová-la, por meio de uma investigação adicional. No dia seguinte, encontrei um vizinho e

35. Reproduzido de *Exercises in Elementary Logic*, por Paul Henle e W. K. Frankena. Copyright, 1940, de Paul Henle e W. K. Frankena.

velho amigo do Dr. P., que confirmou minha interpretação em todos os detalhes. O divórcio fora concedido à esposa do Dr. P., poucas semanas antes, e uma enfermeira fora citada como cúmplice. Algumas semanas mais tarde, entretanto, contrei-me com o Dr. P., que me disse estar totalmente convencido dos mesmos freudianos.

A. A. BRILL, *Psychoanalysis: Its Theories and Practical Applications*<sup>36</sup>

11. Frequentemente, quando uma pessoa trabalha demais num problema, nada de bom se consegue na primeira investida. Então, a pessoa repousa, por mais ou menos tempo, e volta a sentar-se para começar tudo de novo. Durante a primeira meia hora, como antes, nada se encontra e então, repentinamente, a idéia decisiva acode, por si só, à mente. Poder-se-ia dizer que o trabalho consciente foi mais fértil por ter sido interrompido, e o repouso deve ter devolvido à mente sua energia e vivacidade. Mas é mais provável que esse repouso tenha sido preenchido por um trabalho inconsciente e que o resultado dessa elaboração se revele depois...<sup>37</sup>

12. Nas diversas excursões que ele [o Capitão Vancouver] fez, particularmente, na área de Port Discovery, as caveiras, membros, costelas e vértebras, ou alguns outros vestígios do corpo humano, estavam disseminados, promiscuamente, em grandes quantidades; e, como não havia cicatrizes de guerra observáveis nos corpos dos índios restantes, nem indícios particulares de medo e desconfinança foram notados, a conjectura mais provável parece ser que esse despoamento foi ocasionado por doenças pestilenciais.

THOMAS ROBERT MALTHUS, *An Essay on Population*

13. Quase todo mundo já viu seus animais de estimação, quando adormecidos, rosnares, choramingarem, eriçarem os bigodes e, aparentemente, agitam as patas como se perseguissem coelhos oníricos. Mas estarão realmente sonhando? Como os animais não podem despertar, na manhã seguinte, e descrever seus sonhos, a interrogação parece irresponível. Mas, recentemente, o Dr. Charles Vaughan, da Universidade de Pittsburgh, fez uma engenhosa experiência para que os animais pudessem dizer-nos, finalmente, o que estavam sonhando, de fato. Macacos rhesus foram colocados em cabinas, diante de uma tela, e foram ensinados a mover uma alavanca sempre que vissem uma imagem projetada nessa tela. Então, os rhesus foram ligados a um aparelho de eletroencefalograma e colocados de novo, em suas cabinas especiais. Finalmente, adormeceram. Em breve, o EEG estava registrando o traçado especial, produzido pela atividade onírica do cérebro dos macacos. Mas, o mais importante — é que os macacos estavam, atarefadamente, acionando as alavancas. Era evidente que estavam vendo imagens nas suas telas mentais — estavam sonhando. Ou, pelo menos, o Dr. Vaughan assim cre.<sup>38</sup>

36. Reproduzido de *Psychoanalysis: Its Theories and Practical Applications*, de A. A. Brill. Copyright, 1921, por W. B. Saunders Company.

37. Henri Poincaré em *The Creative Process*, trad. de Brewster Ghiselin, Copyright, 1952, por Regents of the University of California, edição Mentor Book, maio de 1955, Nova Iorque.

38. Transcrição autorizada de Bob Galnes, "You and Your Sleep", em *Ladies Home Journal*, março de 1967, pág. 56. Outras breves descrições de divulgação popular dessas experiências podem ser lidas em *Sleep*, por Gay Gaer Luce e Julius Segal, Coward-McCann, Inc., 1966, Nova Iorque.

# 14

## Probabilidade

### I. CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DA PROBABILIDADE

As palavras "provável" e "probabilidade" têm sido frequentemente usadas, até aqui, em nosso estudo da lógica indutiva e do método científico. Diz-se que mesmo uma hipótese que se ajusta a todos os fatos existentes, não está estabelecida de modo conclusivo, mas somente com *probabilidade*. E o mais prolongado e minucioso emprego dos Métodos de Mill, na investigação experimental, não *demonstra* como sendo certas as leis para as quais ele conduz, mas tende, tão-somente, a confirmá-las, como sendo altamente *prováveis*. Mesmo os argumentos indutivos mais perfeitos precisam dessa certeza que é própria dos argumentos dedutivos válidos.

As palavras "provável" e "probabilidade" são usadas de várias maneiras. Dizemos, por exemplo, que a probabilidade de que uma moeda jogada ao ar seja cara é 1/2; que a probabilidade de um homem de 25 anos sobreviver até ao seu 26.º aniversário é de .963; e que, a julgar pelos dados atuais, é altamente provável que a Teoria da Relatividade de Einstein seja correta. Há outros contextos em que as palavras "provável" e "probabilidade" se usam, como ao falar de "erros prováveis" de medição etc. Mas os três primeiros usos dos termos podem ser considerados os mais importantes e típicos. O terceiro é o mais significativo para as hipóteses científicas. Diferença dos dois primeiros no fato de não atribuir qualquer coeficiente numérico de probabilidade. As hipóteses científicas somente se atribuem *graus* de probabilidade em termos de mais e menos. Assim, considerase a teoria darwiniana mais provável do que o relato da criação dado no Livro do Gênesis; e a teoria atômica tem um grau maior de probabilidade do que quaisquer das recentes hipóteses altamente especulativas sobre as estruturas internas dos núcleos.