

A ILHA DO CONHECIMENTO

A ILHA DO
CONHECIMENTO
**MARCELO
GLEISER**

Os limites
da ciência
e a busca
por sentido

5ª edição



EDITORA RECORD
RIO DE JANEIRO • SÃO PAULO

2019

CIP-BRASIL. CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO
SINDICATO NACIONAL DOS EDITORES DE LIVROS, RJ

Gleiser, Marcelo, 1959

G468i A ilha do conhecimento: os limites da ciência e a busca por sentido /
5ª ed. Marcelo Gleiser. – 5ª ed. – Rio de Janeiro: Record, 2019. il.

ISBN 978-85-01-05277-3

1. Ensaio brasileiro. I. Título. 2. Ciência.

14-13552

CDD: 869.94

CDU: 821.134.3(81)-4

Copyright © Marcelo Gleiser, 2014

Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução, armazenamento ou transmissão de partes deste livro através de quaisquer meios, sem prévia autorização por escrito. Proibida a venda desta edição em Portugal e resto da Europa.

Texto revisado segundo o novo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa.

Direitos exclusivos desta edição reservados pela
EDITORA RECORD LTDA.

Rua Argentina 171 – 20921-380 – Rio de Janeiro, RJ – Tel.: (21) 2585-2000

Impresso no Brasil

ISBN 978-85-01-05277-3

Seja um leitor preferencial Record.

Cadastre-se no site www.record.com.br e receba informações sobre nossos lançamentos e nossas promoções.

Atendimento direto ao leitor:

sac@record.com.br



*Para Andrew, Eric, Tali, Lucian e Gabriel:
As luzes que iluminam minha busca.*

Sumário

Prólogo A Ilha do Conhecimento 13

PARTE I A Origem do Mundo e a Natureza dos Céus

- 1 TEMOS QUE ACREDITAR** 31
(Onde exploramos o papel da crença e da extrapolação na religião e na criatividade científica)
- 2 ALÉM DO ESPAÇO E DO TEMPO** 37
(Onde exploramos como as diferentes religiões confrontam a questão da origem de todas as coisas)
- 3 SER OU DEVIR? ESTA É A QUESTÃO** 43
(Onde encontramos os primeiros filósofos da Grécia Antiga e exploramos algumas de suas ideias sobre a natureza da realidade)
- 4 LIÇÕES DO SONHO DE PLATÃO** 51
(Onde exploramos as considerações de Platão e Aristóteles sobre as questões da Primeira Causa e dos limites do conhecimento)
- 5 INSTRUMENTOS TRANSFORMAM VISÕES DE MUNDO** 65
(Onde descrevemos a obra de três cavalheiros excepcionais que, com acesso a novos instrumentos de exploração e dotados de incrível criatividade, transformaram nossa visão de mundo)

6	DESPEDAÇANDO A REDOMA CELESTE	77
	(Onde exploramos o gênio de Isaac Newton e sua física, emblema do intelecto humano)	
7	A CIÊNCIA COMO A GRANDE NARRATIVA DA NATUREZA	85
	(Onde argumentamos que a ciência é uma construção humana cujo imenso poder vem de sua abrangência e flexibilidade)	
8	A PLASTICIDADE DO ESPAÇO	91
	(Onde exploramos as teorias da relatividade especial e geral de Einstein e suas implicações para a nossa compreensão do espaço e do tempo)	
9	O UNIVERSO INQUIETO	97
	(Onde exploramos a expansão do Universo e o aparecimento de uma singularidade na origem do tempo)	
10	O AGORA NÃO EXISTE	103
	(Onde argumentamos que a noção do agora é uma fabricação do aparato cognitivo humano)	
11	CEGUEIRA CÓSMICA	109
	(Onde exploramos o conceito de horizonte cósmico e como ele limita o que podemos conhecer do Universo)	
12	DIVIDINDO INFINITOS	125
	(Onde iniciamos nossa exploração do infinito e sua aplicação à cosmologia)	
13	ROLANDO LADEIRA ABAIXO	135
	(Onde explicamos a “energia do vácuo falso”, sua relação com o bóson de Higgs, e como pode alimentar a aceleração da expansão cósmica)	

14	CONTANDO UNIVERSOS	143
	(Onde introduzimos o conceito de multiverso e exploramos suas implicações físicas e metafísicas)	
15	INTERLÚDIO: UM PASSEIO PELO VALE DAS CORDAS	155
	(Onde discutimos a teoria de supercordas, suas previsões e implicações antrópicas)	
16	SERÁ QUE O MULTIVERSO PODE SER DETECTADO?	165
	(Onde exploramos se o multiverso é uma teoria física ou mera fantasia)	
 PARTE II Da Pedra Filosofal ao Átomo: A Natureza Elusiva da Realidade		
17	TUDO FLUTUA NO NADA	179
	(Onde exploramos as ideias gregas sobre o atomismo)	
18	ADMIRÁVEL FORÇA E EFICÁCIA DA ARTE E DA NATUREZA	183
	(Onde visitamos o mundo da alquimia, vista como uma exploração metodológica e espiritual dos poderes ocultos da matéria)	
19	A NATUREZA ELUSIVA DO CALOR	193
	(Onde exploramos o flogisto e o calórico, substâncias bizarras propostas para explicar a natureza do calor, e como as mesmas foram descartadas)	
20	A MISTERIOSA LUZ	199
	(Onde exploramos como as misteriosas propriedades da luz inspiraram as duas revoluções da física no início do século XX)	

21	APRENDENDO A ACEITAR	209
	(Onde iniciamos nossa exploração da física quântica e como ela impõe limites a quanto podemos saber sobre o mundo)	
22	AS INTRÉPIDAS AVENTURAS DE WERNER, O ANTROPÓLOGO	217
	(Onde usamos uma alegoria para explorar o papel do observador na física quântica e como o ato de medir interfere no que é medido)	
23	O QUE ONDULA NO MUNDO QUÂNTICO?	221
	(Onde exploramos a bizarra interpretação da física quântica proposta por Max Born e como esta complica nossa noção de realidade)	
24	PODEMOS SABER O QUE É REAL?	231
	(Onde exploramos as implicações da física quântica para a nossa compreensão da realidade)	
25	QUEM TEM MEDO DOS FANTASMAS QUÂNTICOS?	245
	(Onde revisitamos por que a física quântica incomodava tanto a Einstein e o que nos diz sobre o mundo)	
26	POR QUEM OS SINOS DOBRAM?	249
	(Onde discutimos o teorema de John Bell e como sua implementação experimental confirmou que a realidade é mais estranha do que a ficção)	
27	A MENTE E O MUNDO QUÂNTICO	259
	(Onde examinamos se a mente humana tem algum papel no mundo quântico)	
28	DE VOLTA AO COMEÇO	275
	(Onde tentamos interpretar o enigma quântico)	

PARTE III A Mente e a Busca por Sentido

29	SOBRE AS LEIS DOS HOMENS E AS LEIS DA NATUREZA	287
	(Onde discutimos se a matemática é uma descoberta ou uma invenção e por que isso importa)	
30	INCOMPLETUDE	299
	(Onde exploramos brevemente as incríveis ideias de Kurt Gödel e Alan Turing)	
31	SONHOS SINISTROS DE MÁQUINAS TRANSMANAS OU O MUNDO COMO INFORMAÇÃO	305
	(Onde examinamos se o mundo é informação, a natureza da consciência, e se o que chamamos de realidade não passa de uma simulação)	
32	VENERAÇÃO E SIGNIFICADO	325
	(Onde refletimos sobre o desejo de saber e a condição humana)	
	Agradecimentos	331
	Notas	333
	Bibliografia	357

Prólogo

A Ilha do Conhecimento

*O que vejo na Natureza é uma estrutura magnífica
que podemos compreender apenas imperfeitamente
e que nos inspira grande humildade.*

— ALBERT EINSTEIN

*O que observamos não é a Natureza, mas a Natureza
exposta ao nosso método de questionamento.*

— WERNER HEISENBERG

Quanto podemos conhecer do mundo? Será que podemos conhecer *tudo*? Ou será que existem limites fundamentais para o que a ciência pode explicar? Se esses limites existem, até que ponto podemos compreender a natureza da realidade? Estas perguntas, e suas consequências surpreendentes, são o foco deste livro, uma exploração de como compreendemos o Universo e a nós mesmos.

O que vemos do mundo é uma ínfima fração do que existe. Muito do que existe é invisível aos olhos, mesmo quando aumentamos nossa percepção sensorial com telescópios, microscópios e outros instrumentos de exploração. Tal como nossos sentidos, todo instrumento tem um alcance limitado. Como muito da Natureza permanece oculto, nossa visão de mundo é baseada apenas na fração da realidade que podemos medir e analisar. A ciência, nossa narrativa descrevendo aquilo que vemos e que

conjecturamos existir no mundo natural, é, portanto, necessariamente limitada, contando-nos apenas parte da história. Quanto à outra parte, a que nos é inacessível, pouco podemos afirmar. Porém, dados os sucessos do passado, temos confiança de que, passado tempo suficiente, parte do que hoje é mistério será incorporado na narrativa científica — desconhecimento se tornará conhecimento. No entanto, como argumentarei aqui, outras partes do mundo natural permanecerão ocultas, inevitavelmente desconhecíveis, mesmo quando consideramos que algo que é hoje desconhecível possa não sê-lo no futuro. (Usarei a palavra “incognoscível” para designar algo que está além da nossa capacidade ou habilidade de compreensão, algo inescrutável, algo que não só é desconhecido mas também incompreensível. Outra palavra que usarei com o mesmo sentido é “desconhecível”. Note que sempre que me refiro ao conhecimento tenho em mente o conhecimento científico. Portanto, por incognoscível refiro-me ao que está além do alcance da ciência e de seus métodos.) Buscamos conhecimento, sempre mais conhecimento, mas precisamos aceitar que estamos, e permaneceremos, cercados por mistérios.

Essa visão nada tem de anticientífica ou derrotista. Também não se trata de uma proposta para que sucumbamos ao obscurantismo religioso. Pelo contrário, o impulso criativo, o desejo que temos de sempre querer saber mais, vem justamente do flerte com o mistério, da compulsão que temos de ir além das fronteiras do conhecido. O não saber é a musa do saber.

O mapa do que chamamos de realidade é um mosaico de ideias em constante mutação. Em *A ilha do conhecimento*, seguiremos esse mosaico através da história do pensamento ocidental, retrazando as transformações de nossa visão de mundo desde o passado remoto até o presente, em três partes distintas porém complementares. Em cada uma delas, busco iluminar vários pontos de vista filosóficos e científicos, sempre com a intenção primeira de examinar como mudanças conceituais informam nossa busca pelo conhecimento e por uma melhor compreensão da condição humana.

A **Parte I** é dedicada ao cosmos, sua origem e natureza física, e aos vários modos como nossa narrativa cósmica, sempre em transformação,

nos ajuda a compreender a natureza do tempo, do espaço, da energia e nosso lugar no Universo. Na **Parte II**, exploramos a natureza da matéria e a composição material do mundo, desde as aspirações alquímicas do passado até as ideias mais modernas sobre as bizarras propriedades do mundo quântico. Em particular, investigaremos como essas ideias influenciam nossa compreensão da essência da realidade e do nosso papel, enquanto observadores, em defini-la. Na **Parte III**, exploramos o mundo da mente, dos computadores e da matemática, analisando em particular como estes informam nossa discussão sobre os limites do conhecimento e da natureza da realidade. Como veremos, ao alinhar a ciência com a falibilidade e a inquietude humana, os limites do conhecimento e da visão científica de mundo contribuem de forma essencial para a riqueza de nossa busca por sentido e para uma compreensão mais profunda da questão humana e dos dilemas da existência.

* * *

Enquanto escrevo estas linhas, uma coreografia ainda misteriosa aciona milhões de neurônios em meu cérebro. Pensamentos emergem e são expressos como palavras e frases, que uma coordenação extremamente detalhada entre meus olhos e os músculos de minhas mãos e braços me faz digitar em meu laptop. Algo está no controle, uma entidade que chamamos de “mente”. No momento, estou voando a uma altitude de 10 mil metros, retornando de um documentário que gravei em Los Angeles. O tema era o universo conhecido, explorando as incríveis descobertas e feitos da ciência moderna, em particular da astronomia e da cosmologia. Olhando pela janela, vejo nuvens brancas flutuando e o firmamento azulado acima. Ao mesmo tempo, escuto o ronco dos jatos e sinto o batuque de meu (mal-educado) vizinho de assento, ouvindo seu iPod e pouco ligando para os que estão ao seu lado.

Nossa percepção do mundo, conforme nos ensinam as ciências neurocognitivas, é sintetizada em partes diferentes de nossos cérebros. O que chamamos de “realidade” resulta da integração de incontáveis estímulos

coletados pelos nossos cinco sentidos, trazidos do mundo exterior para nossas cabeças pelo sistema nervoso. A cognição — que no momento defino como a consciência que temos de estar aqui agora — é fabricada por um vasto número de substâncias químicas fluindo por incontáveis conexões sinápticas interligando nossos neurônios. Eu sou, e você é, uma cadeia de reações eletroquímicas sustentada por uma extensa rede de células biológicas. Porém, sabemos que somos muito mais do que apenas bioquímica e eletricidade em ação. Eu sou eu e você é você; e somos diferentes, mesmo se feitos da mesma matéria. A ciência moderna removeu o velho dualismo cartesiano entre matéria e alma em favor de um materialismo estrito: o teatro da existência se dá no cérebro — uma vasta rede de neurônios que, tal qual as luzes em uma árvore de Natal, permanece em atividade incessante.

Entendemos pouco de como essa coreografia neuronal nos engendra com um senso único de ser. Vivemos nosso dia a dia convencidos de que somos distintos e separados do que existe à nossa volta e usamos esta convicção para criar uma visão objetiva da realidade. Sei que não sou você e que não sou a cadeira onde me sento. Posso me distanciar de você e da cadeira, mas não posso me distanciar de meu corpo. (A menos que esteja vivendo alguma espécie de transe, algo que deixo de lado por ora.) Sabemos, também, que nossa percepção da realidade é severamente incompleta. Muito do que ocorre à nossa volta passa despercebido pelos nossos sentidos. Produto de milhões de anos de evolução, o cérebro é cego e surdo para informações que não aumentariam as chances de sobrevivência de nossos antepassados. Por exemplo, trilhões de neutrinos provenientes do coração do Sol atravessam nossos corpos a cada segundo; ondas eletromagnéticas de todos os tipos — micro-ondas, ondas de rádio, infravermelho, ultravioleta — transportam informação que nossos olhos não veem; sons além do alcance de nossa audição passam despercebidos; partículas de poeira e bactérias são invisíveis. Como a Raposa disse ao Pequeno Príncipe na fábula de Saint-Exupéry, “O essencial é invisível aos olhos”.

Não há dúvida de que instrumentos de medição ampliam nossa visão, seja ela do muito pequeno ou do muito distante, nos permitindo “ver”

bactérias, radiação eletromagnética, partículas subatômicas e estrelas explodindo a bilhões de anos-luz de distância. Aparelhos de alta tecnologia permitem que médicos visualizem tumores dentro de nossos pulmões e cérebros, e que geólogos localizem jazidas subterrâneas de petróleo e minérios. No entanto, qualquer tecnologia de medição ou de detecção tem alcance e precisão limitados. Uma balança mede nosso peso com precisão dada pela metade de sua menor graduação: se a escala é espaçada por 500 gramas, só podemos aferir nosso peso com precisão de 250 gramas. Não existe uma medida exata: *toda* medida deve ser expressa dentro da precisão do instrumento usado e o faz com “barras de erro”, estimando sua possível variação. (Nesse exemplo da balança, uma medida de peso de 70 quilos deve ser expressa como $70 \pm 0,25$ kg.) Medidas de alta precisão são simplesmente mensuradas com pequenas barras de erro ou com alto grau de confiança. *Não existem medidas perfeitas, sem erro.*

Considere, agora, um exemplo menos prosaico do que balanças: os aceleradores de partículas. São máquinas desenhadas para estudar a composição da matéria, procurando pelos menores tijolos que constituem tudo o que existe no mundo.¹ Aceleradores de partículas convertem a energia de movimento (energia cinética) de partículas viajando a velocidades próximas da velocidade da luz em novos pedaços de matéria. Essa conversão é descrita pela famosa fórmula de Einstein, $E = mc^2$, que expressa a equivalência entre energia e matéria. (Incluindo, também, o aumento da massa com a velocidade.) Para efetuar tal conversão, os aceleradores atuam de forma violenta, promovendo colisões entre partículas de matéria. Afinal, como saber o que existe dentro de um próton se não podemos cortá-lo com uma faca, como fazemos com uma laranja? A solução é colidir prótons a velocidades altíssimas e estudar os “estilhaços” que voam para todos os lados após a colisão. Aliás, podemos usar a mesma técnica para estudar a composição das laranjas: basta jogar uma contra outra a altas velocidades para ver o suco, caroços e bagaço escapando do interior. Quanto maior a velocidade (ou energia) das laranjas, mais aprendemos com o experimento: por exemplo, apenas as colisões a altas velocidades revelam a existência de caroços. Mais dramaticamente,

algumas colisões a velocidades bem altas podem até quebrar os caroços, expondo seu interior. Eis um ponto essencial: quanto maior a energia da colisão, mais aprendemos sobre a composição da matéria.²

Durante os últimos cinquenta anos, aceleradores passaram por enormes transformações tecnológicas, que resultaram em um aumento substancial da energia das colisões. Por exemplo, as partículas radioativas que Ernest Rutherford usou em 1911 para estudar a estrutura do núcleo atômico tinham energia cerca de um milhão de vezes menor do que a que hoje é obtida no Grande Colisor de Hádrõs (do inglês Large Hadron Collider, ou LHC), o gigantesco acelerador de partículas localizado em Genebra, na Suíça, e operado pelo CERN, o laboratório europeu de física de partículas. Só em sonhos Rutherford poderia ter imaginado que um dia físicos sondariam a natureza da matéria tão profundamente, encontrando partículas “elementares” com massas cem vezes maiores do que a do próton.³ Um exemplo recente é o do famoso bóson de Higgs, encontrado no CERN em julho de 2012. (Por coincidência, escrevo estas linhas no mesmo dia em que os físicos Peter Higgs e François Englert receberam o Prêmio Nobel por terem previsto a existência do bóson de Higgs.) Se fundos forem adequados para a construção de futuros aceleradores — uma incógnita no momento, dado o alto preço dessas máquinas —, a expectativa é de que novas tecnologias permitirão o estudo de processos a energias ainda mais altas, produzindo resultados inusitados e, talvez, até revolucionários.

No entanto, e este é um ponto essencial, a tecnologia que abre janelas para mundos ocultos também limita o quanto podemos aprender sobre a realidade física: instrumentos determinam o quanto podemos medir e, portanto, o quanto cientistas podem aprender sobre o Universo e sobre nós mesmos. Sendo invenções humanas, instrumentos dependem de nossa criatividade e dos recursos disponíveis, como tecnologias, fontes de energia etc. A tendência é que a precisão aumente sempre e, com isso, ocasionalmente descobramos o inesperado. Como exemplo, cito a surpresa de Rutherford quando seus experimentos revelaram que não só o núcleo atômico ocupa uma fração ínfima do volume do átomo

como também possui quase que toda sua massa. O mundo dos átomos e das partículas subatômicas de Rutherford e seus colegas no início do século XX era muito distinto do de hoje. Podemos estar certos de que, em cem anos, a física subatômica também vai ser bem diferente do que é atualmente. Restringindo, por ora, meu argumento a experimentos científicos, podemos estudar apenas fenômenos que ocorrem a energias acessíveis. Sendo assim, pouco podemos afirmar *com certeza* acerca das propriedades da matéria a energias milhares de vezes mais altas do que as dos estudos atuais. Teorias podem especular sobre o que ocorre a essas energias altíssimas e até oferecer argumentos convincentes usando princípios estéticos baseados no que é ou não “elegante” ou “simples”. Porém, a essência das ciências empíricas é que a última palavra é sempre da Natureza: ela pouco se importa com nossos sonhos de perfeição ou beleza estética, algo que explorei detalhadamente em meu livro *Criação imperfeita*. Sendo assim, se nosso acesso à Natureza é limitado pelos nossos instrumentos e, mais sutilmente, pelos nossos métodos de investigação, concluímos que nosso conhecimento do mundo natural é necessariamente limitado.

Fora essa limitação tecnológica, nos últimos duzentos anos avanços na física, na matemática e, mais recentemente, nas ciências da computação nos ensinaram que a própria Natureza tem um comportamento esquivo do qual não podemos escapar. Como veremos em detalhes, nosso aprendizado do mundo é limitado não só pelo alcance de nossos instrumentos de exploração, mas também, e de forma essencial, porque a própria Natureza — ao menos como nós a percebemos — opera dentro de certos limites. O filósofo grego Heráclito já havia percebido isso quando escreveu, 25 séculos atrás, que “A Natureza ama esconder-se”. Os sucessos e fracassos de inúmeros cientistas mostram que não podemos vencer esse jogo de esconde-esconde. Adaptando uma imagem do escritor e pensador inglês Samuel Johnson, considerado por muitos o nome de maior distinção da literatura inglesa, que expressava sua frustração em definir o sentido de certos verbos em inglês, “é como se tentássemos pintar o reflexo de uma floresta na superfície de um lago em meio a uma tempestade”.

Consequentemente, e a despeito de nossa eficiência sempre crescente, uma grande fração do mundo natural permanece oculta ou, mais precisamente, não detectada. Essa miopia, porém, não deve ser vista como uma barreira intransponível mas como uma provocação, um desafio à nossa imaginação: limites são oportunidades de crescimento e não obstáculos intransponíveis. Como escreveu o genial pensador francês Bernard le Bovier de Fontenelle, em 1686, “Queremos ver além do que podemos enxergar”.⁴ O telescópio que Galileu apontou para os céus em 1609 mal podia discernir os anéis de Saturno, que hoje podem ser vistos com telescópios de fundo de quintal. O que sabemos do mundo vem daquilo que podemos detectar e medir. Vemos muito mais do que Galileu, mas não vemos tudo. Sofremos de uma miopia incurável. E essa restrição não se limita a observações: teorias e modelos especulativos que extrapolam em direção a cantos inexplorados da realidade física devem basear-se no conhecimento atual. Quando cientistas não têm dados para guiar a intuição, impõem critérios de “compatibilidade”: qualquer teoria que tem como objetivo extrapolar o conhecido deve reproduzir, no limite correto, o conhecimento atual. A teoria da relatividade geral de Einstein, por exemplo, que descreve a gravidade como resultado da curvatura do espaço-tempo devido à presença de matéria (e energia — lembre-se de $E = mc^2$), se reduz à velha teoria de Newton da gravitação universal quando a gravidade é fraca: para lançar foguetes a Júpiter não precisamos da teoria de Einstein; mas buracos negros não fazem sentido sem ela.

Se uma grande parte do mundo permanece invisível ou inacessível, devemos refletir sobre o significado da palavra “realidade” com muito cuidado. Precisamos considerar se existe algo como uma “realidade última” — o substrato mais fundamental de tudo o que existe — e se, em caso afirmativo, temos como capturar a sua essência. Note que não chamo esta realidade última de Deus porque, ao menos na maioria das religiões, a natureza divina é inescrutável. Tampouco é objeto de estudo científico. Note, também, que não equaciono a realidade última com uma das várias noções filosóficas orientais de uma realidade transcendente, como o estado de nirvana, o conceito de Brahman da filosofia hindu Vedanta

ou o conceito de Tao. Por ora, considero apenas a natureza mais concreta da realidade física, que podemos, ao menos em princípio, examinar através dos métodos da ciência. Sendo assim, precisamos nos perguntar se a compreensão da natureza mais fundamental da realidade é apenas questão de ampliarmos os limites da ciência ou se precisamos abandonar essa suposição e aceitar que o conhecimento científico tem limites.

Eis outro modo de refletir sobre isso: se alguém percebe o mundo apenas através de seus sentidos (como a maioria das pessoas), enquanto outra pessoa amplia sua percepção através do uso de instrumentos diversos, quem tem um senso mais verdadeiro da realidade? Enquanto um “vê” bactérias microscópicas, galáxias distantes e partículas subatômicas, para o outro estas entidades não existem. Obviamente, se ambos baseiam seu conceito de realidade no que percebem, concluirão que suas visões de mundo são profundamente diferentes. Quem está certo?

Mesmo que seja claro que a pessoa usando instrumentos tenha uma visão mais completa e profunda da realidade, a pergunta não faz muito sentido. De fato, ter uma visão mais abrangente do mundo — e, com isso, construir uma narrativa mais completa da realidade percebida e de nosso lugar nela — é a motivação central para ampliarmos as fronteiras do conhecimento. É o que tanto os gregos da Antiguidade fizeram e o que os cientistas do presente tentam fazer, mesmo que suas visões de mundo sejam tão distintas. O pensador francês de Fontenelle sabia bem disso quando escreveu que “Toda a filosofia baseia-se em apenas duas coisas: curiosidade e miopia”.⁵ Muito do que fazemos nas diversas áreas do conhecimento não passa de tentativas distintas e complementares de aliviar nossa miopia perene.

O que chamamos de “real” depende do quão profundamente podemos investigar a realidade. Mesmo se algo como uma “realidade última” existir, podemos conhecer apenas alguns de seus aspectos. Vamos supor que, em um futuro distante, uma teoria genial, com o suporte de experimentos revolucionários, consiga fazer inferências sobre aspectos dessa “realidade última”. (Como vamos usar o termo “realidade última” no decorrer deste livro, daqui por diante retiro as aspas.) O pouco que poderemos

vislumbrar da realidade última não nos permitirá compreendê-la por inteiro. É como se estivéssemos caminhando no alto de uma montanha, envoltos por espessa neblina, tentando distinguir os detalhes da paisagem no vale abaixo. No máximo, podemos dizer que a teoria proposta faz sentido *parcialmente*. A metodologia que usamos para estudar a Natureza, baseada em instrumentos com alcance limitado, não nos permite provar ou refutar hipóteses sobre a natureza da realidade última. Frisando esse argumento, nossa concepção do real evolve com os instrumentos que usamos para estudar a Natureza. Gradualmente, coisas que eram desconhecidas tornam-se conhecidas. Por isso, o que chamamos de “realidade” está sempre mudando. O cosmos de Pedro Álvares Cabral, com a Terra estática no centro de um espaço finito, era radicalmente diferente do cosmos de Isaac Newton, onde o Sol era o centro do sistema solar e o espaço, infinito. Por outro lado, Newton ficaria pasmo com o Universo de hoje, onde centenas de bilhões de galáxias afastam-se umas das outras carregadas pela expansão do espaço. Até Einstein ficou pasmo com isso.

A versão da realidade que chamamos de “verdadeira” em um determinado período da história não continuará a sê-lo em outra. Claro, as leis de Newton continuarão a funcionar perfeitamente dentro de seu limite de aplicabilidade e a água continuará a ser composta por hidrogênio e oxigênio, ao menos segundo a descrição atual do mundo dos átomos. Mas essas são explicações que criamos para descrever nossas observações do mundo natural, que servem muito bem ao seu propósito quando aplicadas corretamente. No entanto, dado que nossos instrumentos avançam sempre, a realidade de amanhã necessariamente incluirá entidades que não imaginamos existir hoje, sejam elas objetos astrofísicos, partículas elementares ou bactérias. Essencialmente, enquanto a tecnologia progredir — e não há razão para supor que, salvo algum cataclismo, isso deixará de ocorrer —, não podemos antever o fim dessa busca: a crença de que existe uma verdade final é uma fantasia, um fantasma criado pela nossa imaginação.

Considere, portanto, que a totalidade de nosso conhecimento acumulado constitua uma ilha, que eu chamo de “Ilha do Conhecimento”. Por

“conhecimento” refiro-me principalmente ao conhecimento científico e tecnológico, embora a Ilha também possa incluir as criações artísticas e culturais da humanidade no decorrer da história. A Ilha do Conhecimento é cercada por um vasto oceano, o inexplorado Oceano do Desconhecido, onde, inevitavelmente, ocultam-se inúmeros mistérios. Mais tarde, examinaremos se esse oceano estende-se até o infinito ou não. Por ora, basta imaginarmos que a Ilha do Conhecimento cresce a cada vez que descobrimos algo mais sobre o mundo e sobre nós. Muitas vezes, esse crescimento faz um percurso incerto, refletido na região costeira da Ilha, cuja geografia dramática representa a fronteira entre o conhecido e o desconhecido. O crescimento pode até retroceder, quando ideias que achávamos corretas têm de ser abandonadas à luz de novas descobertas.

O crescimento da Ilha tem uma consequência tão surpreendente quanto essencial. Seria razoável supor que, quanto mais sabemos sobre o mundo, mais perto estaríamos de um destino final, que alguns chamam de Teoria de Tudo e outros de realidade última. No entanto, inspirados pela nossa imagem, vemos que, quando a Ilha do Conhecimento cresce, nossa ignorância também cresce, delimitada pelo perímetro da Ilha, a fronteira entre o conhecido e o desconhecido: aprender mais sobre o mundo não nos aproxima de um destino final — cuja existência não passa de uma suposição alimentada por esperanças infundadas —, mas, sim, leva a novas perguntas e mistérios. Quanto mais sabemos, melhor entendemos a vastidão de nossa ignorância e mais perguntas somos capazes de fazer, perguntas que, previamente, nem poderiam ter sido sonhadas.⁶

Alguns de meus colegas do mundo da ciência criticam essa visão do conhecimento, considerando-a negativa. Fui até acusado de derrotista, o que é terrivelmente equivocado, dado que proponho exatamente o oposto, uma celebração dos grandes feitos da humanidade, resultados da nossa busca insaciável pelo conhecimento. “Se nunca chegaremos a uma resposta final, para que continuar tentando?”, perguntam alguns. “E como você sabe que está certo?”, insistem outros. Este livro é uma resposta a essas (e outras) perguntas. Mas, só para começar, quando exploramos a natureza do conhecimento humano, ou seja, quando investigamos como

tentamos compreender o mundo e entender nosso lugar nele, vemos logo que nossa abordagem tem um alcance necessariamente limitado. Essa revelação deveria abrir portas e não fechá-las, visto que ilustra o caráter aberto da busca pelo conhecimento que, em sua essência, é um flerte insaciável com o desconhecido. O que pode ser mais inspirador do que saber que sempre teremos algo de novo para aprender sobre o mundo natural, que, independente do quanto sabemos, sempre existirá lugar para o inesperado? Segundo esse ponto de vista, derrotista é a noção de que nossa busca tem um ponto de chegada e que, eventualmente, chegaremos lá. Seria a morte do espírito humano, alimentado como é pela dúvida. Parafraseando o dramaturgo Tom Stoppard em sua peça *Arcadia*, “É o querer saber que nos torna relevantes”.

Novas descobertas iluminam cantos aqui e ali, mas não alcançam a escuridão das regiões mais distantes. O modo como cada pessoa escolhe se relacionar com essa escuridão define — ao menos de forma geral — como cada um vê a vida e seus mistérios: ou a razão aos poucos conquistará o desconhecido, iluminando tudo, ou não. Se isso não acontecer, algo além da razão é necessário para auxiliar nossa ignorância — algo que, com frequência, envolve a crença em explicações sobrenaturais. Se essas fossem as únicas alternativas, ficaríamos apenas com a infeliz polarização entre o “cientismo” e o sobrenaturalismo, que tanto define nossa era. (Por “cientismo” entendo a crença de que a ciência é o único modo de explicação possível; por “sobrenaturalismo” entendo a crença de que explicações para alguns dos mistérios que nos cercam necessitam de entidades sobrenaturais, isto é, que existem além do natural.) Em contrapartida a essa dicotomia, proponho um terceiro caminho, baseado no casamento entre a busca por explicações científicas do mundo natural e a busca pelo sentido, sem a falsa crença de que a Natureza é compreensível em sua totalidade ou em promessas infundadas de verdades eternas.

Enquanto a ciência avança, aprenderemos mais sobre o mundo natural. Por outro lado, teremos também mais a aprender. Novos instrumentos de exploração potencialmente levam a novas perguntas, que, com frequência, nem poderíamos ter imaginado antes disso. Para mencionar dois

exemplos famosos, considere a astronomia antes do telescópio (1609) e a biologia antes do microscópio (1674): ninguém poderia ter antevisto as revoluções que esses dois instrumentos e seus “descendentes” provocariam.

Essa existência incerta é a alma da ciência, que precisa falhar para avançar. Teorias precisam ser quebradas, suas limitações precisam ser expostas. Ao acessar a Natureza em maior profundidade, instrumentos de exploração abrem novas janelas para o mundo, expondo a fragilidade das teorias vigentes, permitindo que novas ideias venham à tona. No entanto, não devemos concluir que esse processo de descoberta tenha um fim. Conforme veremos, o conhecimento científico tem limitações essenciais; algumas questões estão além de nosso alcance. Isso significa que certos aspectos da Natureza permanecerão inacessíveis aos nossos métodos. Mais até do que inacessíveis — *incognoscíveis*.

É importante deixar claro que expor os limites da ciência não implica, *de forma alguma*, apoiar o obscurantismo. Pelo contrário, esboço aqui uma autocrítica da ciência que, a meu ver, se faz extremamente necessária em uma época em que a arrogância e a especulação científica são propagadas sem qualquer controle. Ao descrever os limites das explicações científicas, minha intenção é proteger a ciência de ataques à sua integridade intelectual. Busco, também, mostrar como a ignorância, e não o conhecimento, é a mola propulsora da criatividade científica. Conforme escreveu o neurocientista americano Stuart Firestein em seu recente livro *Ignorância: como ela impulsiona a ciência*, pedidos de bolsa de pesquisa são, antes de mais nada, relatórios sobre nossa ignorância atual nesse ou naquele determinado assunto. Declarar que a “verdade” foi encontrada é um fardo pesado demais para cientistas carregarem. Aprendemos com o que podemos medir. A enormidade do que foge aos nossos instrumentos, o mistério que nos cerca, deveria inspirar um profundo senso de humildade. O que importa é o que não sabemos.

Nossa percepção da realidade baseia-se na separação artificial entre sujeito e objeto. Talvez você saiba onde você termina e o mundo “lá fora” começa; ou, ao menos, acha que sabe. Porém, como veremos, a questão é bem mais complexa do que parece. Cada pessoa tem uma perspectiva

única do mundo. Por outro lado, a ciência é o método mais concreto que temos para criar uma linguagem universal, capaz de transcender diferenças individuais. Vamos, então, explorar a Ilha do Conhecimento e desbravar suas terras até depararmos com o mar. Lá chegando, poderemos vislumbrar o desconhecido e, com esforço e coragem, o que está ainda mais além.

PARTE I

A Origem do Mundo e a Natureza dos Céus

No início, Deus criou a Terra
e em Sua solidão cósmica olhou para ela.
E Deus disse “Farei do barro criaturas vivas,
para que o barro possa ver o que fiz”.
E Deus criou toda criatura que agora se move,
e uma foi o homem. Dentre elas, apenas o barro como
homem podia falar.
O barro como homem sentou-se,
olhou em torno e falou. “Qual o propósito disso tudo?”,
perguntou educadamente a Deus, que se aproximava.
“E tudo precisa ter um propósito?”, perguntou Deus.
“Certamente”, disse o homem.
“Então deixo que você pense em um para tudo isso”,
disse Deus.
E, com isso, Ele se foi.
— KURT VONNEGUT,
Cama de gato (Cat’s Cradle)

São perguntas sem respostas
que definem os limites das possibilidades humanas,
que descrevem as fronteiras da existência humana.
— MILAN KUNDERA,
A insustentável leveza do ser

O homem sempre foi o seu problema mais angustiante.
— REINHOLD NIEBUHR,
A natureza e o destino do homem

1 Temos que acreditar

(Onde exploramos o papel da crença e da extrapolação na religião e na criatividade científica)

Será que podemos entender o mundo sem algum tipo de crença? Esta é uma pergunta central na dicotomia entre a ciência e a fé. De fato, o modo como um indivíduo escolhe responder a ela determina, em grande parte, como se relaciona com o mundo e a vida em geral. Contrastando as explicações míticas e científicas da realidade, podemos dizer que mitos religiosos buscam explicar o desconhecido com o desconhecível, enquanto a ciência busca explicar o desconhecido com o conhecível. Muito da tensão entre a ciência e a fé vem da suposição de que existem duas realidades mutuamente incompatíveis, uma dentro deste mundo (e, portanto, “conhecível” através da aplicação diligente do método científico) e outra fora dele (e, portanto, “desconhecível”, relacionada tradicionalmente à crença religiosa).¹

Nos mitos, o incognoscível é refletido na natureza dos deuses, cuja existência transcende as fronteiras do espaço e do tempo. Nas palavras do historiador da religião Mircea Eliade,

Para o australiano bem como para o chinês, o hindu e o camponês europeu, os mitos são a verdade porque são *sagrados*, porque tratam de entidades e eventos sagrados. Consequentemente, ao recitar ou ouvir um mito, o crente estabelece contato com o sagrado e com a realidade e, com isso, transcende a condição profana, a “situação histórica”.²

Mitos religiosos permitem que os que neles creem transcendam sua “situação histórica”, a perplexidade que sentimos ao compreendermos que somos criaturas delimitadas pelo tempo, cada um com uma história que tem um começo e um fim. Em um nível mais pragmático, explicações míticas de fenômenos naturais são tentativas pré-científicas de dar sentido àquilo que existe além do controle humano, dando respostas a perguntas que parecem irrespondíveis. Por que o Sol cruza os céus todos os dias? Para os gregos, porque Apolo transporta diariamente o astro em sua carruagem de fogo. Para os navajo do sudoeste norte-americano, era Jóhonnaa’éi que carregava o Sol nas costas. Para os egípcios, a tarefa era de Rá, que transportava o Sol em seu barco. A motivação por trás dessas explicações não é tão diferente daquela da ciência, já que ambas tentam de alguma forma revelar os mecanismos por trás dos fenômenos naturais: afinal, tanto deuses quanto forças físicas fazem coisas acontecer, mesmo que de formas radicalmente distintas.

Tanto o cientista quanto o crente *acreditam* em causas não compreendidas, ou seja, em coisas que ocorrem por razões desconhecidas, mesmo que a natureza da causa seja completamente diferente para cada um. Nas ciências, o papel dessa crença fica bem claro quando tentamos extrapolar uma teoria ou modelo de seus limites testados. Por exemplo, quando afirmamos que “a gravidade age do mesmo modo em todo o Universo” (não temos evidência de que isso é correto pois não exploramos todo o Universo) ou que “a teoria da evolução por seleção natural é aplicável a todas as formas de vida, inclusive às extraterrestres” (também não temos evidência de que isso é correto pois não encontramos ainda vida extraterrestre), essas extrapolações são cruciais para avançar o conhecimento, permitindo que cientistas possam explorar territórios desconhecidos. Dado o vasto poder das teorias científicas em explicar o mundo natural, essa atitude dos cientistas é perfeitamente razoável. Podemos até dizer, mesmo que um pouco impropriamente, que esse tipo de crença científica é empiricamente validada.³ A grande vantagem da ciência é que essas extrapolações são testáveis e podem ser refutadas caso estejam erradas.

Eis um exemplo. Em 1686, Isaac Newton publicou sua magnífica obra *Princípios matemáticos da filosofia natural*, ou *Principia*, onde apresenta sua teoria da gravitação universal. No entanto, em um senso mais restrito, a teoria deveria ser chamada de “teoria da gravitação no sistema solar”, dado que, no século XVII, não havia testes ou observações além dos seus confins espaciais. Mesmo assim, Newton chamou o Livro III de “O sistema do mundo”, supondo que sua descrição da atração gravitacional como uma força proporcional à quantidade de massa em dois corpos que decai com o quadrado da distância entre eles seria aplicável ao *mundo inteiro*, isto é, ao cosmos. Nas suas próprias palavras:

Portanto, se experimentos e observações astronômicas estabelecem que todos os corpos sobre ou próximos à Terra são atraídos gravitacionalmente por ela em proporção à quantidade de matéria em cada corpo, e se a Lua é atraída pela Terra em proporção à sua matéria, e se nossos oceanos, por sua vez, gravitam em direção à Lua, e se todos os planetas atraem-se mutuamente, e se existe uma atração gravitacional semelhante dos cometas em direção ao Sol, temos que concluir desta terceira regra que todos os corpos atraem-se gravitacionalmente.⁴

Astutamente, Newton evitou especular sobre a causa da gravidade, ou seja, sobre a origem dessa atração entre corpos com massa: “Não avanço hipóteses”, afirmou. “Para nós, é suficiente que a gravidade de fato exista, e que aja de acordo com as leis que explicamos, dando conta de forma clara dos movimentos dos corpos celestes e do nosso mar”, escreveu no Sumário Geral do *Principia*. Newton não sabia por que massas atraem-se mutuamente, mas sabia como. O *Principia* é um livro que se preocupa com os “comos” e não com os “porquês”.

Mais tarde, em carta de 10 de dezembro de 1692 ao teólogo Richard Bentley, da Universidade de Cambridge, Newton estendeu a ação da força da gravidade para especular que o universo fosse infinito, um ponto de transição essencial na história do pensamento cosmológico. Bentley perguntou a Newton se a atração gravitacional entre os corpos celestes não

faria com que toda a matéria do cosmos terminasse em uma grande bola no centro. Newton concordou que esse poderia ser o caso se o cosmos fosse finito. No entanto, escreveu, “se a matéria fosse distribuída pelo espaço infinito, não se acumularia em apenas uma massa central, mas em infinitas massas isoladas, concentradas aqui e ali, e separadas por enormes distâncias na vastidão infinita do cosmos”. Portanto, a crença de Newton na natureza universal da gravidade levou-o a especular sobre a extensão espacial do cosmos como um todo.

Pouco mais de dois séculos após a publicação do *Principia*, Einstein fez algo semelhante. Na sua teoria da relatividade geral, que formulou em versão final em 1915, foi além de Newton, atribuindo a gravidade à curvatura do espaço em torno de um corpo massivo (e do tempo, mas vamos deixar isso de lado por ora): quanto maior a massa, mais o espaço curva-se à sua volta, como a superfície de uma cama elástica que se curva um pouco mais ou um pouco menos de acordo com quem está sobre ela. Com isso, Einstein eliminou a misteriosa “ação a distância” que Newton usou para explicar a atração gravitacional entre corpos distantes. (Como o Sol e a Terra, ou a Terra e a Lua, atraem-se mutuamente sem se tocar? Que efeito é esse capaz de se propagar pelo espaço como um fantasma?) Em um espaço curvo, as trajetórias dos objetos não são mais linhas retas. Para ver isso, basta jogar uma bolinha de gude sobre uma cama elástica (ou colchão) deformada por algum peso: quanto mais próxima da região curva a bolinha passar, mais sua trajetória se desviará de uma linha reta.

Einstein nunca ofereceu uma explicação sobre por que massas têm esse efeito sobre a curvatura do espaço. Imagino que, como Newton, teria respondido “Não avanço hipóteses”. Para ele, bastava que sua teoria funcionasse, explicando coisas que a teoria de Newton não podia, conforme foi demonstrado em vários testes observacionais.

Em 1917, menos de dois anos após ter publicado a teoria da relatividade geral, Einstein escreveu um artigo revolucionário, intitulado “Considerações cosmológicas sobre a teoria da relatividade geral”. Nele, tal como Newton, extrapolou a validade de sua teoria, que na época era testada apenas nos confins do sistema solar, para o Universo como um

todo. Seu objetivo era obter a forma geométrica do cosmos. Inspirado por ideias oriundas de Platão e seus seguidores, Einstein supôs que o Universo tivesse a forma mais perfeita que existe, a de uma esfera. Por conveniência, supôs, também, que o Universo fosse estático, o que era razoável na época, dado que não existiam ainda indicações claras de que o Universo mudasse no tempo. Ao resolver suas equações, obteve o universo que queria, estático e com a forma de uma esfera. Porém, a solução veio com uma surpresa: tal como no caso da gravidade de Newton, em um universo esférico e, portanto, finito, a matéria convergiria para um ponto central. Para resolver esse dilema, Einstein não optou por um universo espacialmente infinito, como fizera Newton. Como solução, propôs a existência de uma “constante universal”, que adicionou às equações descrevendo a curvatura do espaço. Einstein notou que se o valor numérico dessa constante fosse suficientemente pequeno “ela seria compatível com as propriedades do sistema solar”, isto é, não criaria efeitos que contradiriam as observações da época. Essa constante, que “não é justificada pelo conhecimento atual da gravitação”, segundo Einstein, hoje é chamada de “constante cosmológica”. Surpreendentemente, pode ter um papel essencial na dinâmica cósmica, se bem que bastante diferente daquele inicialmente proposto por Einstein, onde garantia a estabilidade de seu universo esférico e estático. (A constante age contrariamente à atração gravitacional, de modo a contrabalançar a tendência ao colapso.) Confiando a fé em sua teoria, Einstein não só extrapolou suas equações do sistema solar para o Universo inteiro, como, também, impôs a existência de uma nova entidade hipotética cuja função era equilibrar o cosmos.

Para avançar além do conhecido, tanto Newton quanto Einstein assumiram riscos intelectuais, baseando-se em suposições inspiradas na sua intuição e preconceitos. Mesmo sabendo que suas teorias tinham limitações e eram necessariamente incompletas, sua coragem ilustra o poder da crença no processo criativo de dois dos maiores cientistas de todos os tempos. Toda pessoa engajada no avanço do conhecimento faz o mesmo.

