

ATÉ AO FIM DOS TEMPOS:

O HOMEM, O UNIVERSO E A NOSSA
BUSCA PELO SENTIDO DA VIDA

BRIAN GREENE

Tradução de Pedro Carvalho e Guerra
& Rita Carvalho e Guerra

 **DESASSOSSEGO**
LIVROS PARA PENSAR

Para Tracy

ÍNDICE

PREFÁCIO • 11

1.

O FASCÍNIO PELA ETERNIDADE • 17

Inícios, Fins e Mais Além

2.

A LINGUAGEM DO TEMPO • 31

Passado, Futuro e Mudança

3.

ORIGENS E ENTROPIA • 57

Da Criação à Estrutura

4.

INFORMAÇÃO E VITALIDADE • 81

Da Estrutura à Vida

5.

PARTÍCULAS E CONSCIÊNCIA • 127

Da Vida à Mente

6.

LINGUAGEM E HISTÓRIA • 171

Da Mente à Imaginação

7.

CÉREBROS E CRENÇAS • **199**

Da Imaginação ao Sagrado

8.

INSTINTO E CRIATIVIDADE • **231**

Do Sagrado ao Sublime

9.

DURAÇÃO E IMPERMANÊNCIA • **255**

Do Sublime ao Pensamento Final

10.

O CREPÚSCULO DO TEMPO • **291**

Quanta, Probabilidade e Eternidade

11.

A NOBREZA DO SER • **321**

Mente, Matéria e Significado

AGRADECIMENTOS • **337**

NOTAS • **339**

BIBLIOGRAFIA • **377**

P R E F Á C I O

«Dedico-me à matemática porque um teorema, uma vez provado, mantém-se. Para sempre.»¹ A afirmação, simples e direta, era surpreendente. Eu era aluno do segundo ano na universidade e tinha referido a um amigo mais velho, que durante anos me ensinara vastas áreas da matemática, que estava a realizar um trabalho sobre a motivação humana para uma disciplina de psicologia em que me inscrevera. A sua resposta foi transformadora. Até então, eu não tinha pensado na matemática em termos, sequer remotamente, semelhantes. Para mim, a matemática era um jogo admirável de precisão abstrata jogado por uma comunidade peculiar que se deliciava com piadas que dependiam de raízes quadradas ou da divisão por zero. Mas com este comentário, as engrenagens entraram repentinamente em funcionamento. *Sim*, pensei eu. *Esta é a faceta romântica da matemática.* A criatividade limitada pela lógica e por um conjunto de axiomas dita como as ideias podem ser manipuladas e conjugadas para revelarem verdades inabaláveis. Cada triângulo reto desenhado desde antes de Pitágoras e até à eternidade satisfaz o famoso teorema que apresenta o seu nome. Não há exceções. Claro, pode alterar os pressupostos e dar consigo a explorar novos reinos, como triângulos desenhados numa superfície curva, por exemplo na face de uma bola de basquetebol, o que pode fazer cair a conclusão de Pitágoras. Mas corrija os seus pressupostos, verifique duas vezes o seu trabalho e os resultados estarão prontos para serem gravados em pedra. Não tem de subir ao topo de uma montanha, não tem de vaguear pelo deserto, não tem de triunfar sobre o

submundo. Pode sentar-se confortavelmente na sua secretária e usar papel, lápis e uma mente penetrante para criar algo intemporal.

A perspetiva abriu o meu mundo. Nunca tinha perguntado a mim mesmo o *porquê* de me sentir tão profundamente atraído pela matemática e pela física. Resolver problemas, aprender como o universo é composto: fora isso o que sempre me cativara. Agora, estou convencido de que fui atraído para estas disciplinas porque pairavam sobre a natureza impermanente do dia a dia. Por mais exageradas que as minhas sensibilidades de juventude tivessem tornado o meu empenho, de repente, tinha a certeza de que queria fazer parte de uma viagem em direção a descobertas tão fundamentais que nunca se alterariam. Deixar governos ascender ao poder e cair em ruína, deixar o Mundial ser ganho e perdido, deixar as lendas de filmes, da televisão e dos palcos chegarem e partirem. Eu queria passar a minha vida a apanhar um vislumbre de algo transcendente.

Entretanto, ainda tinha aquele trabalho de psicologia para escrever. Este consistia em desenvolver uma teoria sobre o porquê de nós, humanos, fazermos o que fazemos, mas de cada vez que começava a escrever, o projeto parecia, decididamente, nebuloso. Se revestisse uma ideia razoavelmente sensata na linguagem correta, pareceria que poderia ir inventando à medida que avançava. Referi isto mesmo ao jantar, no meu dormitório, e um dos conselheiros residentes sugeriu que eu desse uma leitura a *A Decadência do Ocidente* de Oswald Spengler. Historiador e filósofo alemão, Spengler tinha um interesse permanente tanto em matemática como em ciência, sem dúvida a razão pela qual o seu livro me fora recomendado.

Os aspetos responsáveis pela fama e desdém do livro — previsões de implosão política, uma defesa velada do fascismo — são profundamente perturbadoras e têm, desde então, sido usadas para sustentar ideologias pérfidas, mas a minha atenção era demasiado restrita para que conseguisse registar tais coisas. Em vez disso, fiquei intrigado com a visão de Spengler de um conjunto de princípios abrangentes, que revelava padrões escondidos que se desenrolam através de culturas díspares, em pé de igualdade com os padrões articulados pelo cálculo e pela geometria euclidiana que transformara a compreensão da física e da matemática.² Spengler estava a falar a minha língua. Foi inspirador que um texto sobre história venerasse a matemática e a física enquanto modelo para o progresso. Mas depois veio a observação que me apanhou completamente de surpresa: «O Homem é o único ser que conhece a morte; todos os outros envelhecem, mas com uma consciência totalmente limitada ao momento que lhes deve parecer eterno»,

um conhecimento que incute o «medo essencialmente humano na presença da morte». Spengler conclui que «toda a religião, toda a investigação científica, toda a filosofia provém desse mesmo medo».³

Eu lembro-me de hesitar na última linha. Ali estava um ponto de vista relativo à motivação humana que me fazia sentido. O arrebatamento de uma prova matemática podia ser que se mantivesse para sempre. O apelo de uma lei da natureza poderia ser a sua qualidade intemporal. Mas o que nos leva a procurar o intemporal, a procurar qualidades que possam durar para sempre? Talvez resulte da nossa consciência singular de que somos tudo menos eternos, de que as nossas vidas estão longe de ser para sempre. Fazendo eco do meu novo pensamento relativo à matemática, à física e ao fascínio da eternidade, isto parecia atingir o alvo. Tratava-se de uma abordagem à motivação humana fundamentada numa reação plausível a um reconhecimento universal. Tratava-se de uma abordagem que fora realizada em cima do joelho.

À medida que continuava a pensar sobre esta conclusão, ela parecia prometer algo ainda maior. A ciência, como Spengler referiu, é uma resposta ao conhecimento do nosso fim inevitável. Tal como a religião. Tal como a filosofia. Mas porquê ficar por aqui? De acordo com Otto Rank, um dos primeiros discípulos de Freud que estava fascinado com o processo criativo humano, certamente que não devíamos. O artista, na opinião de Rank, é alguém cujo «impulso criativo... tenta transformar a vida efémera em imortalidade pessoal».⁴ Jean-Paul Sartre foi mais longe, salientando que a própria vida é vazia de sentido «quando se perde a ilusão de se ser eterno».⁵ A sugestão, como tal, abrindo caminho por entre estes e outros pensadores que se seguiram, é que grande parte da cultura humana — da exploração artística à descoberta científica — é impulsionada pela vida que reflete sobre a natureza finita da vida.

Águas profundas. Quem diria que uma preocupação com todas as coisas matemáticas e físicas levaria a visões de uma teoria unificada da civilização humana impelida pela rica dualidade da vida e da morte?

Pronto, muito bem. Vou fazer uma pausa enquanto recorro ao meu distante eu do segundo ano para não se deixar entusiasmar. Ainda assim, o entusiasmo que senti provou ser mais do que um ingénuo maravilhamento intelectual passageiro. Nas quase quatro décadas seguintes, estes temas, muitas vezes a fervilharem numa chama mental oculta, permaneceram comigo. Ainda que o meu trabalho do dia a dia tenha procurado teorias uniformes e origens cósmicas, ao ponderar sobre o significado maior dos avanços

científicos, dei por mim a regressar repetidamente às questões do tempo e da atribuição limitada que nos era dada a cada um de nós. Ora, por formação e temperamento, sou um cético em relação às explicações de modelo único — a física está repleta de teorias uniformes das forças da natureza sem sucesso —, ainda mais se nos aventurarmos pelo complexo reino do comportamento humano. De facto, cheguei a ver a consciência do meu fim inevitável como tendo uma influência considerável, mas não fornecendo uma explicação generalizada para tudo o que faço. É uma avaliação, imagino, que é comum em diversos graus. Todavia, há um domínio no qual os tentáculos da mortalidade são particularmente evidentes.

Por todas as culturas e ao longo das eras, atribuímos um valor significativo à permanência. Fizemo-lo de formas abundantes: alguns procuram a verdade absoluta, outros aspiram a legados duradouros, outros constroem monumentos formidáveis, outros perseguem as leis imutáveis e outros ainda viram-se fervorosamente para uma ou outra versão do eterno. A eternidade, como estas preocupações demonstram, tem uma influência poderosa na mente consciente de que a sua duração material é limitada.

Na nossa era, os cientistas equipados com as ferramentas da experimentação, observação e análise matemática traçaram um novo caminho para o futuro, caminho esse que, pela primeira vez, revelou traços proeminentes daquilo que se espera que venha a ser, eventualmente, um futuro distante. Embora obscurecido pela bruma aqui e pelo nevoeiro ali, o panorama está a tornar-se suficientemente claro para que nós, criaturas pensantes, possamos depreender, mais amplamente do que nunca, como encaixamos na grande vastidão do tempo.

É neste espírito que, nas páginas que se seguem, caminharemos pela linha temporal do universo, explorando os princípios físicos que produzem estruturas ordenadas das estrelas e galáxias à vida e à consciência, num universo destinado à decadência. Consideraremos afirmações que estabelecem que, por muito que os seres humanos tenham uma duração de vida limitada, o mesmo acontece com o fenómeno da vida e da mente no universo. De facto, a certa altura, é provável que a matéria organizada de qualquer tipo não seja possível. Analisaremos como os seres sencientes enfrentam a tensão que estas constatações envolvem. Emergimos de leis que, tanto quanto conseguimos perceber, são intemporais e, no entanto, existimos apenas por um período breve no tempo. Somos guiados por leis que atuam sem preocupação com o seu destino e, no entanto, perguntamo-nos constantemente para onde nos dirigimos. Somos moldados por leis que

parecem não exigir uma lógica subjacente e, no entanto, procuramos persistentemente sentido e propósito.

Em suma, sondaremos o universo desde o início dos tempos até algo semelhante ao seu fim, e ao longo da viagem exploraremos os caminhos espantosos através dos quais as mentes inquietas e inventivas têm iluminado e respondido à efemeridade fundamental de tudo.

Seremos conduzidos nesta exploração por conhecimentos de uma variedade de disciplinas científicas. Através de analogias e metáforas, explicarei as ideias necessárias em termos não técnicos, presumindo apenas o mais modesto dos conhecimentos. No caso de conceitos particularmente desafiantes, oferecerei breves resumos que permitirão ao leitor prosseguir sem perder o fio à meada. Nas notas finais explico os pontos mais delicados, explicito pormenores matemáticos particulares e forneço referências e sugestões para novas leituras.

Dado o tema ser vasto e as nossas páginas limitadas, decidi trilhar um caminho direto, parando em várias encruzilhadas que considero essenciais para reconhecermos o nosso lugar no seio da grande história cosmológica. É uma viagem alimentada pela ciência, que recebe o seu significado da humanidade e é fonte de uma aventura vigorosa e enriquecedora.

1

O FASCÍNIO PELA ETERNIDADE

Inícios, Fins e Mais Além

Na amplitude temporal, tudo o que vive, morrerá. Durante mais de três mil milhões de anos, tanto espécies simples como complexas encontraram o seu lugar na hierarquia da Terra, a foice da morte lançou uma sombra persistente sobre o desabrochar da vida. A diversidade dispersou-se enquanto a vida se arrastava dos oceanos, caminhava na terra e voava pelos céus. Mas se se esperar tempo suficiente e o registo de nascimento e morte, com entradas mais numerosas do que estrelas na galáxia, equilibrar-se-á com uma precisão desapaixonada. O desenrolar de qualquer vida encontra-se para além da previsão. O destino final de qualquer vida é uma conclusão inevitável.

E, no entanto, este fim iminente, tão inevitável quanto o nascer do Sol, é algo em que apenas nós, humanos, parecemos reparar. Muito antes da nossa chegada, o som estrondoso das nuvens de tempestade, a força enraivecida dos vulcões, os tremores da terra a abanar certamente faziam fugir tudo o que tivesse a capacidade para o fazer. Mas tais fugas são uma reação instintiva a um perigo imediato. A maior parte das vidas vive no momento, com o medo a surgir da perceção imediata. Só o leitor e eu e o resto daqueles como nós que podem refletir sobre o passado distante, imaginam o futuro e captam a escuridão que nos aguarda.

É assustador. Não o tipo de terror que nos faça estremecer ou correr em busca de abrigo. Trata-se antes de um pressentimento que vive silenciosamente dentro de nós, um pressentimento que aprendemos a esconder, a

aceitar, a encarar com leviandade. Mas sob as camadas obscuras encontra-se o facto sempre presente e perturbador do que o futuro nos reserva, um conhecimento que William James descreveu como «a lombriga no centro de todas as nossas fontes comuns de prazer».⁶ Trabalhar e brincar, desejar e labutar, ansiar e amar, tudo isto nos une cada vez mais na tapeçaria das vidas que partilhamos e isto apenas para depois desaparecer — bem, para parafrasear Steven Wright, é quase suficiente para o matar de susto. Duas vezes.

Claro, a maior parte de nós, a bem da sanidade, não se fixa no fim. Andamos pelo mundo concentrados em preocupações terrenas. Aceitamos o inevitável e dirigimos as nossas energias para outras coisas. No entanto, o reconhecimento de que o nosso tempo é finito está sempre presente, ajudando a dar forma às escolhas que fazemos, aos desafios que aceitamos, aos caminhos que tomamos. Tal como afirmava o antropólogo Ernest Becker, encontramos-nos sob uma tensão existencial constante, atraída para o céu por uma consciência que se pode elevar à grandeza de Shakespeare, Beethoven e Einstein, mas amarrados à terra por uma forma física que se deteriorará até restar pó. «O Homem está, literalmente, dividido em dois: tem consciência da sua própria singularidade esplêndida na qual sobressai na natureza com uma imponente grandiosidade e, no entanto, regressa a alguns palmos debaixo de terra por forma a, cegamente e em silêncio absoluto, apodrecer e desaparecer para sempre.»⁷ De acordo com Becker, somos impelidos por esta perceção a negar à morte a capacidade de nos apagar. Algumas pessoas acalmam a ansiedade existencial através da entrega à família, a uma equipa, a um movimento, a uma religião, a uma nação — estruturas que durarão mais do que o tempo previsto para um indivíduo na Terra. Outros, deixam para trás expressões criativas, artefactos que estendem simbolicamente a duração da sua presença. «Voamos para a Beleza», disse Emerson, «enquanto asilo dos terrores da natureza finita.»⁸ Outros ainda, tentam vencer a morte vencendo ou conquistando, como se o estatuto, o poder e a riqueza ordenassem uma imunidade indisponível ao comum dos mortais.

Ao longo dos milénios, uma das consequências tem sido um fascínio generalizado por todas as coisas, reais ou imaginadas, que abordam o intemporal. Das profecias do pós-vida, a ensinamentos de reencarnação, a súplicas da mandala varrida pelo vento, desenvolvemos estratégias para lidar com conhecimento da nossa impermanência e, frequentemente com esperança, por vezes com resignação, acenar para a eternidade. A novidade da nossa era é o incrível poder da ciência para contar uma história lúcida não só do passado, remontando ao Big Bang, mas também do futuro. A própria eternidade pode

estender-se para sempre para além do alcance das nossas equações, mas as nossas análises já revelaram que o universo que conhecemos é transitório. De planetas a estrelas, de sistemas solares a galáxias, buracos negros a nebulosas rodopiantes, nada dura para sempre. De facto, tanto quanto podemos afirmar, não só a vida de cada indivíduo é finita, como também o é a própria vida. O planeta Terra, que Carl Sagan descreveu como «uma partícula de pó suspensa num raio solar», é um florescer fugaz num cosmos primoroso que, em última instância, ficará estéril. Partículas de pó, próximas ou distantes, dançam em raios solares durante apenas um momento.

Ainda assim, aqui, na Terra, cadenciámos o nosso momento com feitos espantosos de conhecimento, criatividade e engenho, pois cada geração construiu sobre os feitos daqueles que desapareceram antes, procurando esclarecer como todas as coisas se formaram, em busca de coerência no caminho a seguir e ansiando por uma resposta ao porquê de tudo ser importante.

Esta é a história deste livro.

Histórias de Quase Tudo

Nós somos uma espécie que adora histórias. Procuramos a realidade, compreendemos padrões e juntamo-nos a eles em narrativas que podem cativar, informar, sobressaltar, divertir e emocionar. O plural — narrativas — é inteiramente essencial. Na biblioteca da reflexão humana, não existe um volume simples e uniforme que veicule o derradeiro conhecimento. Em vez disso, escrevemos muitas histórias encadeadas que sondam domínios diferentes da pesquisa e experiência humana: histórias, claro está, que analisam os padrões da realidade utilizando diferentes gramáticas e vocabulários. Protões, neutrões, elétrões e as outras partículas da natureza são essenciais para contar a história redutora, analisando as coisas da realidade, desde planetas a Picasso, em termos dos seus constituintes microfísicos. Metabolismo, reprodução, mutação e adaptação são essenciais para contarem uma história da emergência e desenvolvimento da vida, analisando os trabalhos bioquímicos de moléculas espantosas e das células que comandam. Neurónios, informação, pensamento e consciência são essenciais para a história da mente — e com isso, as narrativas proliferam: do mito à religião, da literatura à filosofia, da arte à música, contando as dificuldades para a sobrevivência da humanidade, a vontade para compreender, o incitar pela expressão e a busca de significado.

Todas estas histórias estão em andamento, são desenvolvidas por pensadores provenientes de uma grande gama de disciplinas distintas. O que é compreensível. Uma saga que se estende dos quarks à consciência é uma crônica pesada. Ainda assim, as diferentes histórias estão interligadas. *Dom Quixote* fala da ansiedade da humanidade pelo heroico, contada pelo frágil Alonso Quijano, uma personagem criada pela imaginação de Miguel de Cervantes, uma combinação de osso, tecido e células vivas, que respiram, pensam, com sensibilidade e sentimentos que, durante o seu tempo de vida, mantiveram processos orgânicos de transformação de energia e excreção de desperdícios, que dependiam eles mesmos de movimentos atômicos e moleculares aperfeiçoados por milhares de milhões de anos de evolução num planeta forjado por detritos de explosões de supernovas que se dispersaram pela extensão de espaço que emergia do Big Bang. No entanto, ler as angústias de Dom Quixote, é alcançar uma compreensão da natureza humana que permanecerá opaca se for integrada numa descrição do movimento das moléculas e dos átomos do cavaleiro errante ou transmitida através de uma elaboração dos processos neurais crepitando na mente de Cervantes enquanto escrevia o romance. Embora estejam certamente ligadas, histórias diferentes, contadas em diferentes línguas e dirigidas a diferentes níveis de realidade, fornecem conhecimentos amplamente diferentes.

Talvez um dia sejamos capazes de transitar perfeitamente entre estas histórias, ligando todos os produtos da mente humana, reais e fictícios, científicos e imaginados. Talvez um dia possamos evocar uma teoria uniforme de ingredientes de partículas para explicar a visão avassaladora de Rodin e a miríade de respostas que *Os Burgueses de Calais* suscita naqueles que o contemplam. Talvez compreendamos por completo como o aparentemente mundano raio de luz a refletir num prato rodopiante pôde agitar a poderosa mente de Richard Feynman e impeli-lo a reescrever as leis fundamentais da física. Ainda mais ambicioso, talvez um dia compreendamos o funcionamento da mente e da matéria tão completamente que tudo ficará a nu, dos buracos negros a Beethoven, da estranheza quântica a Walt Whitman. Mas mesmo sem possuímos nada de remotamente próximo a essa capacidade, temos muito a ganhar ao mergulhar nestas histórias — científicas, criativas, fantasiosas —, apreciando quando e como elas surgiram de outras anteriores que se desenrolam na linha temporal cósmica e localizando os desenvolvimentos, tanto controversos como conclusivos, que elevaram cada uma ao seu lugar de proeminência esclarecedora.⁹

Por toda esta coleção de histórias, encontraremos duas forças a

partilharem o papel de personagem principal. No capítulo 2, encontraremos a primeira: *entropia*. Apesar de ser conhecida de muitos através da sua associação com perturbações e a frequentemente citada declaração de que a perturbação se encontra sempre em ascensão, a entropia tem qualidades subtis que permitem aos sistemas físicos desenvolverem-se num rica variedade de modos, por vezes parecendo até nadar contra a corrente entrópica. Veremos a este propósito exemplos importantes no capítulo 3, como as partículas que, no rescaldo do Big Bang, ignoraram, aparentemente, o impulso da perturbação enquanto evoluíam em estruturas organizadas como estrelas, galáxias e planetas — e, por último, em configurações de matéria que oscila com a corrente da vida. Perguntando como essa corrente ligada nos leva até à segunda das nossas influências universais: a *evolução*.

Embora seja o principal impulsionador por trás das transformações graduais vividas pelos sistemas vivos, a evolução através da seleção natural entra em ação muito antes das primeiras formas de vida começarem a competir. No capítulo 4, encontraremos moléculas a combaterem moléculas, confrontos pela sobrevivência travados numa arena de matéria inanimada. Assalto após assalto de darwinismo molecular, como se chama a este combate químico, foi o que, provavelmente, produziu uma série de configurações cada vez mais robustas que finalmente geraram os primeiros conjuntos moleculares que reconhecemos como sendo vida. Os pormenores são coisas de investigação de ponta, mas, com o estupendo progresso das duas últimas décadas, o consenso é que nos encontramos no caminho certo. De facto, pode muito bem dar-se o caso de as forças duais da entropia e da evolução serem os parceiros ideais na viagem em direção ao surgimento da vida. Embora esta nos possa parecer uma ligação estranha — a reputação pública da entropia é próxima do caos, aparentemente a antítese da evolução ou da vida —, análises matemáticas recentes da entropia sugerem que a vida, ou, pelo menos, qualidades semelhantes à vida, pode muito bem ser o produto *esperado* de uma fonte de energia duradoura, como o Sol, banhando incessantemente de calor e de luz os ingredientes moleculares que competem pelos recursos limitados disponíveis num planeta como a Terra.

Por hesitantes que sejam atualmente algumas destas ideias, certo é que, mais ou menos mil milhões de anos após a sua formação, a Terra estava repleta de vida, que se desenvolvia sob a pressão evolucionária, e assim a fase seguinte de desenvolvimentos é um típico acontecimento darwiniano. Eventos aleatórios, como ser atingido por um raio cósmico ou sofrer um acidente molecular durante a reprodução do ADN, resultam em mutações

aleatórias, com impacto mínimo na saúde ou bem-estar do organismo, mas outros tornam-no mais ou menos apto na competição pela sobrevivência. Essas mutações que aprimoram a aptidão têm maiores probabilidades de serem passadas a descendentes porque o próprio significado de «mais apto» é que o portador do traço tem mais hipótese de sobreviver até à maturidade reprodutora e produzir prole apta. Por conseguinte, de geração em geração, as qualidades que aprimoram a aptidão disseminam-se.

Milhares de milhões de anos mais tarde, enquanto este longo processo se continuou a desenrolar, um conjunto particular de mutações promoveu algumas formas de vida com uma capacidade melhorada de cognição. Alguma vida não só ganhou uma consciência, mas ganhou consciência de que tinha uma consciência. Ou seja, alguma vida adquiriu uma autoconsciência consciente. Tais seres pensantes perguntaram naturalmente o que é a consciência e como é que surgiu: Como pode um turbilhão de matéria irracional pensar e sentir? Vários investigadores, como abordaremos no capítulo 5, antecipam uma explicação mecanicista. Defendem que necessitamos de compreender o cérebro — os seus componentes, as suas funções, as suas ligações — com muito maior fidelidade do que a atual, mas, assim que estivermos na posse desse conhecimento, seguir-se-á uma explicação da consciência. Outros preveem que nos encontremos perante um desafio muito maior, afirmando que a consciência é o enigma mais difícil que alguma vez encontramos, um enigma que exigirá perspectivas radicalmente novas relativamente não só à mente, mas também à própria natureza da realidade.

As opiniões convergem quando se avalia o impacto que a nossa sofisticação cognitiva teve no nosso repertório comportamental. Ao longo de dezenas de milhar de gerações durante o Pleistoceno, os nossos antepassados juntavam-se em grupos que subsistiam através da caça e da recolha. Com o tempo, uma destreza mental emergente conferiu-lhes capacidades refinadas para planear, organizar, comunicar, ensinar, avaliar, julgar, e resolver problemas. Aproveitando estas capacidades melhoradas do indivíduo, os grupos exerceram forças comunitárias cada vez mais influentes. O que nos leva à próxima coleção de episódios explicativos, aqueles que se concentram em desenvolvimentos que nos tornaram a nós em... nós. No capítulo 6, analisamos a nossa aquisição da linguagem e subsequente obsessão com o contar histórias; o capítulo 7 sonda um género particular de histórias, aquelas que pressagiam e fazem a transição para as tradições religiosas; e no capítulo 8, exploramos a perseguição da expressão criativa duradoura e generalizada.

Na busca da origem destes desenvolvimentos, tanto comuns como

sagrados, os investigadores invocaram uma vasta gama de explicações. Para nós, a luz que nos guia continua a ser a evolução darwiniana, aplicada, agora, ao comportamento humano. O cérebro, afinal de contas, não passa de mais uma estrutura biológica que evolui através de pressões seletivas e é o cérebro que informa o que fazemos e o modo como respondemos. Ao longo das últimas décadas, cientistas cognitivos e psicólogos evolucionários desenvolveram esta perspetiva, estabelecendo que grande parte da nossa biologia obteve a sua forma através das forças da seleção darwiniana, assim como o nosso comportamento. E, por conseguinte, na nossa caminhada através da cultura humana interrogaremos frequentemente se este ou aquele comportamento pode ter melhorado as perspetivas de sobrevivência e reprodução entre aqueles que há já muito tempo a levavam a cabo, promovendo a sua ampla propagação ao longo de gerações de descendentes. Contudo, ao contrário de polegares opostos ou a verticalidade — traços fisiológicos herdados estreitamente ligados a comportamentos específicos de adaptação —, muitas das características herdadas dos cérebros moldaram as predileções em vez de ações conclusivas. Nós somos influenciados por estas predisposições, mas a atividade humana surge de uma mistura de tendências comportamentais com as nossas mentes complexas, deliberantes e autorreflexivas.

E, assim, uma segunda luz que nos guia, distinta, mas não menos importante, será formada na vida interior que avança de mão dada com as nossas refinadas capacidades cognitivas. Seguindo um rasto deixado por muitos pensadores, chegamos a uma perspetiva reveladora: com a cognição humana aproveitámos verdadeiramente uma força poderosa, uma força que, a seu tempo, nos elevou à espécie dominante do mundo. Mas as faculdades mentais que nos permitem formar e moldar e inovar são as mesmas que dissipam a miopia que, de outro modo, nos manteria estreitamente concentrados no presente. A capacidade para manipular o ambiente ponderadamente confere a capacidade para alterar a nossa perspetiva, para pairar sobre a linha temporal e contemplar o que existia e imaginar o que viria a existir. No entanto, por muito que preferíssemos que acontecesse de outro modo, atingir o «Penso, logo existo» é correr desenfreadamente para a réplica «Eu existo, por conseguinte, morrerei».

Sem exageros, a perceção é desconcertante. No entanto, a maioria de nós consegue suportá-lo. E a nossa sobrevivência enquanto espécie prova que também os nossos semelhantes o conseguiram suportar. Mas como o fazemos?¹⁰ De acordo com uma linha de pensamento, contamos e recontamos histórias nas quais o nosso lugar no vasto universo migra para

o palco central e a possibilidade de sermos permanentemente apagados é contestada ou ignorada — ou, dito de forma mais simples, não está escrito. Elaboramos trabalhos com tinta, esculturas, movimento e música nos quais tomamos o controlo da criação e concedemos a nós mesmos o poder do triunfo sobre todas as coisas finitas. Imaginamos heróis, de Hércules a Sir Gawain e Hermione, que olharam de cima para a morte com uma determinação inabalável e demonstraram, embora caprichosamente, que a conseguimos conquistar. Desenvolvemos a ciência, fornecendo conhecimentos ao funcionamento da realidade que transformamos em poderes que as gerações anteriores teriam reservado aos deuses. Resumindo, podemos ter a nossa torta cognitiva — a agilidade de pensamento, que, entre muitas outras coisas, revela o nosso dilema existencial — e também deliciarmo-nos a comê-la. Através das nossas capacidades criativas, desenvolvemos defesas formidáveis contra o que, de outro modo, seria uma inquietação debilitante.

Apesar de tudo, e porque os motivos não fossilizam, localizar a inspiração para o comportamento humano pode ser um empreendimento espinhoso. Talvez as nossas incursões criativas, dos cervos de Lascaux às equações da relatividade geral, surjam da capacidade do cérebro, naturalmente selecionada mas demasiado ativa para detetar e organizar de forma coerente padrões dos cérebros. Talvez estas investigações e outras com elas relacionadas sejam extraordinárias, mas produtos derivados adaptativamente supérfluos de um cérebro suficientemente grande liberto da necessidade de se concentrar a tempo inteiro em manter o abrigo e o alimento. Tal como veremos, as teorias são abundantes, mas as conclusões inatacáveis são esquivas. O que é inquestionável é que imaginamos e criamos e experienciamos obras, das Pirâmides à Nona Sinfonia e à mecânica quântica, que são monumentos ao engenho humano, cuja durabilidade, se não mesmo o conteúdo, apontam para a permanência.

E com isto, tendo considerado as origens cósmica, explorado a formação dos átomos, das estrelas e dos planetas e tendo passado pelo surgimento da vida, da consciência e da cultura, lançaremos os nossos olhares para o próprio reino que durante milénios, literal e simbolicamente, estimulou tanto quanto debelou a nossa ansiedade cósmica. Olharemos, claro está, daqui para a eternidade.

Informação, Consciência e Eternidade

A eternidade, ainda demorará muito tempo a chegar. Muito irá acontecer, entretanto. Futuristas esbaforidos e especuladores de ficção científica de Hollywood preveem o que a vida e a civilização serão ao longo de períodos que, embora possam ser significativos pelos padrões humanos, nada são em comparação com as escalas temporais cósmicas. É um passatempo divertido extrapolar a partir de um breve trecho de inovação tecnológica exponencial para desenvolvimentos futuros, mas tais previsões têm uma enorme probabilidade de serem profundamente diferentes de como as coisas se irão desenrolar na realidade. E isso ao longo de décadas, séculos e milénios relativamente próximos. Ao longo de escalas temporais cósmicas, prever este tipo de pormenores é uma tolice. Felizmente, para a maior parte das coisas que exploraremos aqui, teremos os pés bem assentes no chão. A minha intenção é que pintemos o futuro do universo com cores ricas, mas apenas com a pincelada mais abrangente. E com esse nível de detalhe, possamos retratar as possibilidades com um grau de confiança razoável.

É essencial reconhecermos que existe pouca equanimidade a ser ganha de deixar rasto num futuro desprovido de quem quer que seja que lá se encontre para reparar. O futuro que tendemos a prever, mesmo que seja apenas implicitamente, é um futuro que está repleto do tipo de coisas com as quais nos preocupamos. A evolução irá, certamente, conduzir a vida e a mente a abordar a riqueza das formas apoiadas por uma gama de plataformas — biológica, computacional, híbrida, e quem sabe o que mais. Mas independentemente dos pormenores imprevisíveis do contexto da composição física ou ambiental, a maior parte de nós imagina que, num futuro muito distante, existirá vida de algum tipo, e vida inteligente mais particularmente, e será uma vida que pensará.

E isto levanta uma questão que nos acompanhará ao longo desta viagem: Pode o pensamento consciente persistir por tempo indeterminado? Ou poderá a mente pensadora, como o lobo-da-tasmânia ou o pica-pau-bico-de-marfim, ser algo sublime que se ergue por um período, mas depois se extingue? Não estou concentrado na consciência individual, por isso a questão nada tem que ver com tecnologias desejadas — criogenia, digital, o que quer que seja — capazes de preservar uma mente qualquer. Em vez disso, estou a questionar se o fenómeno do pensamento, apoiado por um cérebro humano ou por um computador inteligente ou partículas entrelaçadas que flutuam no vazio ou qualquer outro processo físico que se mostre relevante, pode persistir arbitrariamente num futuro distante.

Por que não poderia? Bem, pense na encarnação humana do pensamento. Surgiu de uma combinação com um conjunto fortuito de condições ambientais que explicavam o porquê, por exemplo, de o nosso pensamento ocorrer aqui e não em Mercúrio ou no cometa *Halley*. Pensamos aqui porque as condições aqui são acolhedoras para a vida e para o pensamento, e é por essa razão que alterações prejudiciais ao clima terrestre são tão perturbadoras. O que não é nada óbvio é que existe uma versão cósmica de tais preocupações consequentes, mas tacanhas. Ao pensar no pensamento como sendo um processo físico (uma presunção que analisaremos), não é de surpreender que o pensamento possa ocorrer apenas quando se reúnem determinadas condições ambientais rigorosas, quer seja na Terra, aqui e agora, ou noutra qualquer parte no lá e então. E por isso, quando consideramos a evolução global do universo, determinamos se as condições ambientais em evolução pelo espaço e pelo tempo conseguem suportar a vida inteligente por tempo indeterminado.

A avaliação será orientada pelos conhecimentos da investigação da física de partículas, astrofísica e cosmologia que nos permite prever como o universo se irá revelar ao longo de épocas que diminuem a linha temporal de volta ao Big Bang. Existem incertezas significativas, claro, e como a maior parte dos cientistas, vivo para a possibilidade de que a natureza nos faça deixar abandonar a nossa arrogância e revele surpresas que ainda não conseguimos imaginar. Mas concentrando-nos no que conseguimos avaliar, no que observámos e no que calculámos, o que encontraremos, tal como está explicado nos capítulos 9 e 10, não é animador. Os planetas, estrelas, sistemas solares, galáxias e até buracos negros, são transitórios. O fim de cada um deles é orientado pela sua própria combinação distinta de processos físicos, que abrangem mecânica quântica através da relatividade geral, produzindo, por fim, uma nebulização de partículas que parte à deriva através do cosmos frio e silencioso.

Como reagirá o pensamento consciente num universo que passa por tal transformação? A linguagem para fazer e responder a esta pergunta é oferecida, uma vez mais, pela entropia. E seguindo o rasto entrópico, encontraremos a possibilidade demasiado real de que o próprio ato de pensar, executado por uma qualquer entidade de qualquer tipo em qualquer lugar, pode ser impedido por um desenvolvimento inevitável de detritos ambientais: no futuro distante, qualquer coisa que pensa poderá arder no calor gerado pelos seus próprios pensamentos. O pensamento, em si mesmo, pode tornar-se fisicamente impossível.

Enquanto o caso contra o pensamento infinito se baseará num conjunto conservador de presunções, também consideraremos alternativas, futuros possíveis mais propícios à vida e ao pensamento. Mas uma leitura mais linear sugere que a vida, e a vida inteligente em particular, é efêmera. O intervalo da escala temporal cósmica em que as condições permitem a existência de seres autorreflexivos pode muito bem ser extremamente reduzido. Tente observar por alto todas as coisas e poderá deixar escapar a vida por completo. A descrição de Nabokov da vida humana enquanto «uma breve fenda de luz entre duas eternidades de escuridão»¹¹ pode aplicar-se ao fenómeno da própria vida.

Nós choramos a nossa efemeridade e consolamo-nos numa transcendência simbólica, no legado de ter participado na viagem. O leitor e eu não estaremos por cá, mas outros estarão, e o que o leitor e eu fizermos, o que o leitor e eu criarmos, o que o leitor e eu deixarmos para trás, contribui para o que será e como a vida futura será vivida. Mas num universo que acabará por ser desprovido de vida e de consciência, mesmo um legado simbólico — um sussurro destinado aos nossos descendentes distantes — irá desaparecer no nada.

Então, onde é que isso nos deixa?

Reflexões sobre o Futuro

Temos a tendência para absorver intelectualmente descobertas sobre o universo. Aprendemos mais alguns factos sobre o tempo ou teorias uniformizadas ou buracos negros. É algo que empolga, momentaneamente, a mente e, se for suficientemente impressionante, fica. A natureza abstrata da ciência leva-nos muitas vezes a insistir cognitivamente no seu conteúdo e só então, e muito raramente, essa compreensão tem uma hipótese de nos tocar visceralmente. Mas nas ocasiões em que a ciência conjura tanto a razão como a emoção, o resultado pode ser poderoso.

Exemplo disso: Há alguns anos, quando comecei a pensar sobre previsões científicas em relação ao futuro distante do universo, a minha experiência era maioritariamente cerebral. Absorvi material relevante enquanto uma coleção fascinante, mas abstrata, de conhecimentos decorrentes da matemática das leis da natureza. Ainda assim, descobri que, se me pressionasse a mim mesmo a imaginar *verdadeiramente* toda a vida, todos os pensamentos, todos os confrontos e todos os feitos como sendo uma aberração fugaz de

uma escala temporal em tudo o resto privada de vida, absorvia-o de outro modo. Conseguia pressenti-lo. Conseguia senti-lo. E não me importo de partilhar que, das primeiras vezes que o tentei, o caminho era escuro. Ao longo das décadas de estudo e de investigação científica, tive, muitas vezes, momentos de euforia e de admiração, mas nunca antes tinha tido resultados em matemática e física que me assoberbassem com um pavor vazio.

Com o passar do tempo, o meu envolvimento emocional perante estas ideias foi refinado. Agora, na maior parte das vezes, contemplar o futuro distante deixa-me com uma sensação de calma e de ligação, como se a minha própria identidade quase não importasse, porque foi englobada pelo que posso apenas descrever como um sentimento de gratidão pelo dom da experiência. Dado que o mais provável é que não me conheça pessoalmente, permita-me contextualizar tudo isto. Tenho uma mente aberta com uma sensibilidade que exige rigor. Venho de um mundo no qual o leitor apresenta os seus factos com equações e dados replicáveis, um mundo no qual a validade é determinada por cálculos sem ambiguidade que produzem previsões correspondentes a experiências dígito por dígito, por vezes tão longe quanto uma dúzia de lugares para além do ponto decimal. Portanto, da primeira vez que tive um destes momentos de ligação calma — por acaso encontrava-me num Starbucks na cidade de Nova Iorque — estava profundamente desconfiado. Talvez o meu *Earl Grey* estivesse contaminado com leite de soja estragado. Ou talvez eu estivesse a perder a cabeça.

Pensando bem, nenhum dos casos era aplicável. Somos o produto de uma longa linhagem que amenizou o seu desconforto existencial prevenido que deixaríamos uma marca. E quanto mais essa marca perdura, quanto mais inapagável for a sua impressão, mais a vida parece ser uma vida relevante. Nas palavras do filósofo Robert Nozick — mas também poderiam muito bem vir de George Bailey —, «A morte apaga-te... Ser-se apagado por completo, vestígios e tudo, faz muito pela destruição do sentido da vida de uma pessoa.»¹² Especialmente para aqueles, como eu, sem uma orientação religiosa tradicional, uma ênfase em não se ser «apagado», uma concentração incansável na perseverança, pode penetrar tudo. A minha criação, a minha educação, a minha carreira, as minhas experiências foram todas informadas por isso. Ao longo de cada fase, avancei com um olhar fixo no longo prazo, em procurar atingir algo que perdurasse. Não existe nenhum mistério no porquê de a minha preocupação profissional ter sido dominada por análises matemáticas de espaço, tempo e leis da natureza; é difícil imaginar outra disciplina que mais prontamente mantenha os pensamentos do quotidiano de

uma pessoa concentrados em questões que transcendem o momento. Mas a própria descoberta científica lança uma luz diferente sobre esta perspectiva. A vida e o pensamento ocupam, provavelmente, um oásis de um minuto na linha temporal cósmica. Embora seja regido por leis matemáticas elegantes que permitem toda a espécie de processos físicos admiráveis, o universo será o anfitrião da vida e da mente apenas temporariamente. Se conseguir absorver isto por completo, visualizar um futuro desprovido de estrelas e de planetas e de coisas pensantes, a sua consideração pela nossa era pode alcançar a reverência.

E foi *essa* a sensação que tive no Starbucks. A calma e a ligação marcaram uma transição de compreensão de um futuro que se afasta para a sensação de viver num presente arrebatador, embora passageiro. Foi uma mudança, para mim, impelida por um homólogo cosmológico pela oferta de orientação através dos tempos por poetas e filósofos, escritores e artistas, sábios espirituais e mestres de *mindfulness*, entre inúmeros outros que nos dizem a verdade simples, mas surpreendentemente subtil, de que a vida se encontra no aqui e agora. É uma mentalidade que é difícil manter, mas uma verdade que se instalou no pensamento de muitos. Vemo-la em «Para Sempre — é composto por Agoras»¹³ de Emily Dickinson e «a eternidade em cada momento»¹⁴ de Thoreau. É uma perspectiva, concluí, que se torna mais palpável quando nos imergimos em toda a vastidão do tempo — do princípio ao fim —, um cenário cosmológico que fornece uma clareza incomparável para o quão singular e fugaz o aqui e agora realmente é.

O propósito deste livro é dar esse esclarecimento. Viajaremos pelo tempo, desde a nossa compreensão mais refinada do início ao mais próximo que a ciência nos pode levar do próprio fim. Exploraremos como a vida e a mente emergiram do caos inicial e remoeremos no que uma seleção de mentes curiosas, apaixonadas, ansiosas, autorreflexivas, inventivas e cétricas fazem, especialmente quando reparam na sua própria mortalidade. Analisaremos a ascensão da religião, o apelo da expressão criativa, a ascensão da ciência, a busca pela verdade e o desejo pelo eterno. A afinidade enraizada por algo permanente, que Franz Kafka identificou como a nossa necessidade de «algo indestrutível»,¹⁵ irá, então, impulsionar o nosso avanço contínuo em direção a um futuro distante, permitindo-nos aceder às perspectivas de tudo o que nos é querido, tudo constituindo a realidade como a conhecemos, desde planetas e estrelas, galáxias e buracos negros, à vida e à mente.

Através de tudo isto, irá brilhar o espírito humano da descoberta. Somos exploradores ambiciosos que procuramos compreender uma vasta realidade.

Séculos de esforços iluminaram terrenos obscuros de matéria, mente e o cosmos. Ao longo dos milênios vindouros, as esferas de luz irão crescer cada vez mais e com maior intensidade. A viagem até aqui já tornou evidente que a realidade é gerida por leis matemáticas que são indiferentes a códigos de conduta, padrões de beleza, necessidades de camaradagem, desejos por compreensão e demandas de significado. No entanto, através da linguagem e da história, da arte e do mito, da religião e da ciência, aproveitámos a nossa pequena parte do desapaixonado, incessante e mecânico desdobrar do cosmos para dar voz à nossa necessidade generalizada de coerência e valor e sentido. É um contributo primoroso, mas temporário. Como a nossa viagem pelo tempo tornará claro, é provável que a vida seja transitória e toda a compreensão que surgiu com a sua emergência irá quase certamente dissolver-se com a sua conclusão. Nada é permanente. Nada é absoluto. E assim, na busca por valor e propósito, os únicos conhecimentos com relevância, as únicas respostas com significado, são as da nossa própria criação. No final, durante o nosso breve momento ao sol, somos incumbidos da nobre função de encontrar o nosso próprio significado.

Embarquemos.

2

A LINGUAGEM DO TEMPO

Passado, Futuro e Mudança

Na noite de 28 de janeiro de 1948, aconchegado entre um desempenho do Quarteto de Schubert em Lá Menor e uma apresentação de músicas populares inglesas, a Rádio BBC transmitiu um debate entre uma das forças intelectuais mais poderosas do século xx, Bertrand Russell, e o padre jesuíta Frederick Copleston¹⁶. O tópico? A existência de Deus. Russell, cuja escrita inovadora em filosofia e princípios humanistas lhe valeriam o Prémio Nobel em Literatura, em 1950, e cujos pontos de vista políticos e sociais iconoclastas lhe valeriam uma carta de demissão tanto da Universidade de Cambridge como do City College de Nova Iorque, forneceu vários argumentos para questionar, senão mesmo rejeitar, a existência de um criador.

Uma linha de pensamento que informou a posição de Russell é relevante à nossa explicação aqui. «No que diz respeito aos indícios científicos», escreveu Russell, «o universo arrastou-se através de diferentes estados lentos até chegar a um resultado algo deplorável nesta Terra e irá continuar a arrastar-se por ela através de estados lentos ainda mais deploráveis até chegar a uma condição de morte universal.» Com uma visão tão desoladora, Russell concluiu: «se isto deve ser visto como indício de propósito, só posso dizer que o propósito que não me atrai. Não vejo razão, portanto, para acreditar em nenhum tipo de Deus». ¹⁷ A discussão teológica será explanada em capítulos posteriores. Aqui, quero concentrar-me na referência de Russell aos indícios científicos de uma «morte universal». Tem origem numa descoberta do século xix com raízes tão humildes quanto as suas conclusões são profundas.

Por volta de meados do século XIX, a Revolução Industrial encontrava-se no auge e por toda a paisagem de moinhos e fábricas, o motor a vapor tinha-se transformado no cavalo de trabalho que liderava a produção. Ainda assim, mesmo com o salto essencial do trabalho manual para o trabalho mecanizado, a eficácia da máquina a vapor — o trabalho útil desempenhado comparado com a quantidade de combustível consumido — era insuficiente. Cerca de 95 por cento do calor gerado pela madeira ou carvão ardente era perdido para o ambiente enquanto desperdício. Isto inspirou meia dúzia de cientistas a pensarem profundamente sobre os princípios físicos aplicáveis à máquina a vapor, procurando modos de queimar menos para obter mais. Ao longo de muitas décadas, a sua pesquisa levou, gradualmente, a um resultado icónico que se tornou justamente famoso: *a segunda lei da termodinâmica*.

Em termos (altamente) coloquiais, a lei declara que a produção de desperdício é inevitável. E o que torna a segunda lei fundamentalmente importante é que, embora as máquinas a vapor fossem o catalisador, a lei seria universalmente aplicável. A segunda lei descreve uma característica inerente a toda a matéria e energia. A lei revela (uma vez mais, vagamente) que tudo no universo tem uma tendência avassaladora para acabar, degradar, definhar.

Afirmado nestes termos do dia a dia, pode ver-se de onde vinha a reação de Russell. O futuro continha aparentemente uma deterioração contínua de produção de energia, uma incessante conversão de energia produtiva em calor inútil, um drenar estável, por assim dizer, das baterias que alimentavam a realidade. Mas uma compreensão mais exata da ciência revela que este resumo da direção seguida pela realidade obscurece uma progressão rica e matizada, uma que tem estado a decorrer desde o Big Bang e que continuará em diante até ao futuro distante. É uma progressão que ajuda a explicar o nosso lugar na linha temporal cósmica, esclarece como a beleza e a ordem podem ser produzidas em relação a um cenário de degradação e decadência e também oferece modos potenciais, por muito exóticos que possam ser, para contornar o final desolador que Russell previu. Tal como se encontra esta mesma ciência, envolvendo conceitos como a entropia, informação e energia que orientarão grande parte da nossa viagem, vale a pena passar um bocado a compreendê-la melhor.

Máquinas a Vapor

Longe de mim sugerir que o sentido da vida será encontrado escondido nas profundezas suadas de uma clamorosa máquina a vapor. Mas a compreensão da capacidade da máquina a vapor em absorver calor do combustível a arder e utilizá-lo para acionar o movimento recorrente nas rodas de uma locomotiva ou uma bomba numa mina de carvão revela-se indispensável para compreender como a energia — de qualquer tipo em qualquer contexto — evolui com o passar do tempo. E o modo como a energia evolui tem um impacto direto profundo no futuro da matéria, da mente e de toda a estrutura no universo. Então, vamos descer dos grandiosos reinos da vida e da morte e do propósito e do significado para o estalar e clangor de uma máquina a vapor do século XVIII.

A base científica da máquina a vapor é simples, mas engenhosa: o vapor de água — vapor — expande quando é aquecido e, portanto, empurra para fora. Uma máquina a vapor aproveita esta ação aquecendo um recipiente cheio de vapor que é coberto por um pistão à medida, mas livre para escorregar para cima e para baixo ao longo da superfície interior do recipiente. À medida que o vapor aquecido se expande, empurra vigorosamente o pistão e esse impulso para fora pode levar uma roda a rodar, ou um moinho a moer, ou um tear a tecer. Depois, tendo despendido energia através deste esforço para fora, o vapor arrefece e o pistão escorrega até à sua posição inicial, onde se mantém preparado para ser acionado quando o vapor for novamente aquecido — um ciclo que será repetido enquanto houver combustível incandescente para aquecer novamente o vapor.¹⁸

Embora a história registre o papel central da máquina a vapor na Revolução Industrial, as questões que levantou para a ciência de fundo eram igualmente significantes. Conseguimos compreender a máquina a vapor com precisão matemática? Haverá um limite para o quão eficaz pode ser a sua transformação de calor em atividade útil? Existem aspetos dos processos básicos da máquina a vapor que sejam independentes dos pormenores da conceção mecânica ou dos materiais utilizados e, por conseguinte, falem de princípios da física universais?

Intrigado com estes problemas, Sadi Carnot, físico e engenheiro militar francês, lançou o campo da termodinâmica — a ciência do calor, energia e trabalho. Não teria sido conhecido pelas vendas dos seus 1824 tratados, *Réflexions sur la puissance motrice du feu*.¹⁹ Mas embora difíceis de perceber, as suas ideias inspiraram cientistas ao longo do século seguinte a desenvolver uma perspetiva radicalmente nova da física.

Uma Perspetiva Estatística

A perspetiva científica tradicional, transmitida na forma matemática por Isaac Newton, é que as leis da física apresentam previsões irrefutáveis para como as coisas se deslocam. Digam-me a localização e a velocidade de um objeto num determinado momento, indiquem-me as forças que incidem sobre esse objeto e as equações de Newton fazem o resto, prevendo a trajetória subsequente do objeto. Quer seja a Lua a ser puxada pela gravidade da Terra ou uma bola de beisebol que se acaba de bater na direção do centro do campo, as observações confirmaram que estas previsões são absolutamente exatas.

Mas eis a questão. Se o leitor frequentou física no ensino secundário, talvez se lembre que, quando analisamos as trajetórias de objetos macroscópicos, invocamos em geral, embora discretamente, imensas simplificações. Para a Lua e para a bola de beisebol, desconhecemos a sua estrutura interna e imaginamos que cada um deles é apenas uma partícula gigantesca. É uma rude aproximação. Até um grão de sal contém cerca de biliões e biliões de moléculas e isso é, bem, um grão de sal. No entanto, enquanto a Lua orbita, nós, normalmente, não nos preocupamos com o movimento disputado por uma ou por outra molécula que habite o poeirento Mar da Tranquilidade. Enquanto a bola de beisebol voa, não nos preocupamos com a vibração de uma ou de outra molécula que se encontre no seu centro de cortiça. O movimento geral da Lua ou da bola de beisebol como um todo é tudo o que procuramos. E para isso, aplicar as leis de Newton a estes modelos simplificados resolve a questão.²⁰

Estes sucessos realçam o desafio que os físicos do século XIX enfrentaram relativamente à máquina a vapor. O vapor quente a empurrar o pistão do motor é composto por um gigantesco número de moléculas de água, talvez biliões e biliões de partículas. Não se pode ignorar esta estrutura interna tal como fazemos na nossa análise da Lua ou da bola de beisebol. É o movimento destas mesmas partículas — a bater no pistão, fazendo ricochete na sua superfície, indo contra as paredes do recipiente, fluindo de volta ao pistão — que se encontra no coração do funcionamento do motor. O problema é que aqui não há hipótese de alguém, em parte alguma, por muito inteligente que possa ser e por muito formidáveis que sejam os computadores ao seu dispor, poder calcular todas as trajetórias individuais seguidas por um tamanho conjunto de moléculas de água.

Estaremos encalhados?

Poderá pensar-se que sim. Mas como se pode verificar, somos salvos por uma mudança na perspetiva. Grandes conjuntos podem, por vezes, fornecer as suas próprias simplificações poderosas. É certamente difícil, impossível até, prever exatamente quando será a próxima vez que irá espirrar. No entanto, se alargarmos o nosso horizonte para abarcar o conjunto de todos os humanos na Terra, *poderemos* prever que no próximo segundo ocorrerão cerca de oitenta mil espirros no mundo inteiro.²¹ A questão é que ao mudarmos para uma perspetiva estatística, a grande população da Terra se torna a chave — não o obstáculo — do poder profético. Os grandes grupos apresentam frequentemente regularidades estatísticas inexistentes ao nível do indivíduo.

Uma abordagem análoga para grandes grupos de átomos e moléculas foi iniciada por James Clerk Maxwell, Rudolf Clausius, Ludwig Boltzmann e muitos dos seus colegas. Defendiam que o alijamento detalhava a consideração de trajetórias individuais a favor das afirmações estatísticas descrevendo o comportamento comum de grandes grupos de partículas. Demonstraram que esta abordagem não só faz cálculos matematicamente fáceis de trabalhar, mas também que as propriedades físicas que pode quantificar são as mais importantes. A pressão a empurrar o pistão de uma máquina a vapor, por exemplo, dificilmente é afetada pelo trajeto preciso seguido por esta ou por aquela molécula de água individual. Em vez disso, a pressão surge do movimento comum de biliões e biliões de moléculas que vão contra a sua superfície a cada segundo. *É isso* o que interessa. E *é isso* o que a abordagem estatística permite que os cientistas calculem.

Na nossa era atual de sondagens políticas, genética populacional e grandes dados em geral, a mudança para um enquadramento estatístico poderá não parecer tão radical. Habituíamo-nos ao poder dos dados estatísticos retirados do estudo de grandes grupos. Mas no século XIX e no início do século XX, o raciocínio estatístico era um afastamento da precisão rígida que definia a física. Tenha também em mente que, até ao início do século XX, ainda havia cientistas muito respeitados que desafiavam a existência de átomos e de moléculas — a base de uma abordagem estatística.

Independentemente dos antagonistas, não demorou muito tempo para que o raciocínio estatístico provasse o seu valor. Em 1905, o próprio Einstein explicou quantitativamente o movimento agitado dos grãos de pólen suspensos num copo de água invocando o bombardeamento contínuo das moléculas de H₂O. Com esse sucesso, era preciso ser verdadeiramente do contra para duvidar da existência de moléculas. Além disso, um crescente arquivo

de estudos teóricos e experimentais revelou que conclusões baseadas em análises estatísticas de grandes grupos de partículas — descrevendo como elas saltavam pelos recipientes e, desse modo, exerciam pressão nessa superfície, ou adquiriam essa densidade, ou atingiam essa temperatura — correspondiam tão perfeitamente aos dados que não havia simplesmente espaço para questionar o poder explicativo da abordagem. A base estatística para o processo térmico nasceu deste modo.

Isto foi tudo um grande triunfo e permitiu aos físicos compreenderem não só as máquinas a vapor, como também uma vasta gama de sistemas térmicos — da atmosfera terrestre à coroa solar e ao vasto grupo de partículas fervilhando no interior de uma estrela de neutrões. Mas como se relaciona isto com a visão do futuro de Russell, o seu prognóstico de um universo que se arrasta em direção à morte? Boa pergunta. Espere um pouco. Já lá chegamos. Mas ainda temos alguns passos a dar. O próximo é utilizar estes avanços para lançar luz sobre a qualidade fundamental do futuro: difere profundamente do passado.

Disto para Aquilo

A distinção entre passado e futuro é simultaneamente básica e essencial para a experiência humana. Nascemos no passado. Morreremos no futuro. Entretanto, testemunhamos inúmeros acontecimentos que se desdobrarão através de uma sequência de eventos que, se forem considerados por ordem inversa, pareceriam absurdos. Van Gogh pintou *A Noite Estrelada*, mas não pôde retirar as cores redemoinhantes invertendo as pinceladas e devolvendo o branco à tela. O *Titanic* raspou ao longo de um icebergue e rompeu o seu casco, mas não conseguiria inverter os seus motores, voltar atrás e desfazer o dano. Cada um de nós cresce e envelhece, mas não podemos reverter os ponteiros do relógio interno e regressar à nossa juventude.

Com a irreversibilidade tão central à evolução das coisas, o leitor pensaria que poderíamos facilmente identificar a sua origem matemática dentro das leis da física. Certamente, deveríamos ser capazes de apontar para algo específico nas equações que garantam que, embora as coisas se possam transformar *disto* para *aquilo*, a matemática proíbe-as de se transformarem *daquilo* para *isto*. Mas, durante séculos, as equações que desenvolvemos não nos conseguiram oferecer nada desse género. Em vez disso, à medida que as leis da física continuaram a ser refinadas, passando pelas mãos de Newton

(mecânica clássica), Maxwell (eletromagnetismo), Einstein (física relativista), e as dezenas de cientistas responsáveis pela física quântica, um traço permaneceu estável: as leis aderiram de modo decidido a uma absoluta insensibilidade em relação ao que os humanos chamam futuro e ao que chamam passado. Dado o estado do mundo atualmente, as equações matemáticas consideram o desenrolar em direção ao futuro ou ao passado exatamente do mesmo modo. Ainda que essa distinção nos interesse profundamente, as leis ignoram a diferença, avaliando-a como não tendo maior consequência do que o relógio de jogo de um estádio assinalando o tempo que já decorreu do jogo ou o tempo que ainda falta. O que significa que se as leis permitem que uma sequência em particular de eventos ocorra, então as leis também permitem necessariamente a sequência inversa.²²

Enquanto estudante, quando aprendi isto pela primeira vez, pareceu-me ridículo. No mundo real não vemos mergulhadores olímpicos saltarem das piscinas primeiro com os pés e aterrarem calmamente nas pranchas. Não vemos fragmentos de vidro colorido saltarem do chão e voltarem a reconstituírem-se num candeeiro de Tiffany. Excertos de filmes que correm inversamente são divertidos precisamente porque o que vemos projetado difere tão completamente de tudo pelo que passamos. E, no entanto, de acordo com a matemática, os acontecimentos descritos em excertos passados no inverso cumprem plenamente as leis da física.

Por que razão então é a nossa experiência tão assimétrica? Por que só vemos o desenrolar de acontecimentos numa orientação temporal e nunca no seu inverso? Uma parte fundamental da resposta é revelada pela noção de *entropia*, um conceito que será essencial para a nossa compreensão da evolução cósmica.

Entropia: Uma Primeira Passagem

A entropia encontra-se entre os conceitos mais confusos da física fundamental, um facto que não diminuiu o apetite cultural para a invocar livremente para descrever situações do dia a dia que evoluíram da ordem para o caos ou, mais simples ainda, do bem para o mal. No que ao uso coloquial diz respeito, não há problema; por vezes, invoquei a entropia também desse modo. Mas dado que o conceito científico de entropia orientará a nossa viagem — e também se encontra no centro da visão negra de Russell do futuro —, vamos retirar o seu significado mais preciso.

Comece com uma analogia. Imagine-se a abanar vigorosamente um saco que contém cem cêntimos e depois despeje-o sobre a mesa da sala. Se descobrir que todos os cêntimos, os cem cêntimos, exibem a cara, ficaria certamente surpreendido. Mas porquê? Parece óbvio, mas vale a pena analisar. A ausência de uma só coroa significa que cada uma das cem moedas, que viram, saltam e chocalham aleatoriamente, têm de cair sobre a mesa e aterrar com a cara para cima. Todas elas. Isso é difícil. Obter esse desfecho único é uma tarefa difícil. Por comparação, se considerarmos um desfecho ligeiramente diferente, digamos no qual temos uma única coroa (e os outros 99 cêntimos continuam a ser cara), existem cem diferentes maneiras para que isto aconteça: a coroa solitária pode ser a primeira moeda, ou pode ser a segunda moeda, ou a terceira, e por aí em diante até se chegar à centésima moeda. Obter 99 caras é, ainda assim, cem vezes mais fácil — cem vezes mais provável — do que obter tudo cara.

Vamos prosseguir. Um pouco de imaginação revela que há 4950 maneiras diferentes de obtermos duas coroas (primeira e segunda moeda, coroa; primeira e terceira, coroa; segunda e terceira, coroa; primeira e quarta, coroa; e assim sucessivamente). Um pouco mais de imaginação e concluímos que há 161 700 maneiras diferentes de se obter três das moedas com a face «coroa» para cima, quase 4 milhões de maneiras para se obter coroa; e cerca de 75 milhões de maneiras para se obterem cinco coroas. Os pormenores dos números quase não interessam; é a tendência geral a que me refiro. Cada coroa adicional permite uma recolha muito maior de desfechos que se encaixam no perfil. Fenomenalmente maior. Os números atingem o máximo nas 50 coroas (e 50 caras), pois para cada uma delas existem cerca de cem milhares de milhões de milhares de milhões de milhares de milhões de combinações possíveis (bem, 100 891 344 545 564 193 334 812 497 256 combinações).²³ Obter 50 caras e 50 coroas é, por conseguinte, cerca de cem milhares de milhões de milhares de milhões de milhares de milhões mais provável do que obter tudo caras.

É por isso que sair tudo caras seria chocante.

A minha explicação assenta no facto de que a maioria de nós analisa, intuitivamente, o conjunto de cêntimos tal como Maxwell e Boltzmann defendiam a análise de um recipiente de vapor. Tal como os cientistas se desinteressaram em analisar o vapor, molécula a molécula, nós, normalmente, não avaliamos um conjunto aleatório de cêntimos moeda a moeda. Raramente nos preocupamos ou reparamos se o 29.º cêntimo é cara ou se o 71.º é coroa. Em vez disso, olhamos para o conjunto como

um todo. E o traço que nos chama a atenção é o número de caras comparado com o número de coroas: Haverá mais caras do que coroas ou mais coroas do que caras? Haverá o dobro? Três vezes mais? Mais ou menos o mesmo número? Conseguimos detetar alterações significativas no rácio de cara por coroa, mas reorganizações que preservem o rácio — como virar a 23.^a, 46.^a e a 92.^a moeda de coroa para cara ao mesmo tempo que também se vira a 17.^a, a 52.^a e a 81.^a moeda de cara para coroa — são, praticamente, indistinguíveis. Consequentemente, dividi os possíveis desfechos em grupos, cada um deles contendo essas configurações de moedas que se assemelham bastante, e enumerei a afiliação de cada grupo: contei o número de desfechos sem coroa, o número de desfechos com 1 coroa, o número de desfechos com 2 coroas e por aí em diante, até ao número de desfechos com 50 coroas.

A constatação-chave é que estes grupos não têm afiliação igual. Nem de perto. Isso tornou óbvio o porquê de ficar chocado com o agitar um conjunto de cêntimos aleatório que não mostrasse coroas (um grupo com, precisamente, 1 membro), ligeiramente menos chocado com o agitar um conjunto aleatório que mostrasse uma coroa (um grupo com 100 membros), ligeiramente menos chocado ao ver duas coroas (um grupo com 4950 membros), mas ficaria entediado se o espalhar das moedas exibisse uma configuração com metade caras e metade coroas (um grupo com, sensivelmente, cem milhares de milhões de milhares de milhões de milhares de milhões de membros). Quanto maior for a afiliação num determinado grupo, maior probabilidade existe de que um desfecho aleatório pertença a esse mesmo grupo. A dimensão do grupo é importante.

Se este material for novidade para o leitor, o leitor poderá não se aperceber de que ilustrámos agora o conceito essencial de entropia. A entropia de uma determinada configuração de cêntimos é a dimensão do seu grupo — o número de configurações da mesma categoria que se assemelham bastante a essa mesma configuração.²⁴ Se houver muitos sócias, a configuração tem uma elevada entropia. Se houver poucos sócias, a configuração tem uma baixa entropia. Tudo o resto sendo igual, uma agitação aleatória tem maior probabilidade de pertencer a um grupo com maior entropia, uma vez que tais grupos têm mais membros.

Esta formulação também tem ligação às utilizações coloquiais de entropia que referi no início desta secção. Intuitivamente, configurações desorganizadas (pense numa área de trabalho pejada de documentos espalhados, canetas e *clips*) têm uma elevada entropia porque muitas reorganizações

dos componentes se assemelham bastante umas às outras; reorganize uma configuração desorganizada aleatória e continuará a parecer desorganizado. Configurações organizadas (pense num espaço de trabalho impecável com todos os documentos, canetas e *clips* cuidadosamente colocados nas suas posições designadas) têm uma baixa entropia porque muito poucas reorganizações dos componentes têm a mesma aparência. Tal como os cêntimos, a elevada entropia atrai porque disposições desorganizadas superam por muito as ordenadas...