

RICHARD DAWKINS

# O relojoeiro cego

*A teoria da evolução contra o  
designio divino*

*Tradução*

Laura Teixeira Motta

*2ª reimpressão*



COMPANHIA DAS LETRAS

# 1. Explicando o muito improvável

Nós, animais, somos as coisas mais complexas do universo conhecido. É claro que o universo que conhecemos é um fragmento minúsculo do universo real. Talvez existam objetos ainda mais complexos do que nós em outros planetas, e talvez alguns deles já saibam de nossa existência. Mas isso não altera minha argumentação. As coisas complexas de todas as partes do universo merecem um tipo muito especial de explicação. Queremos saber como vieram a existir e por que são tão complexas. Conforme tentarei mostrar, a explicação deve ser a mesma, em suas linhas gerais, para todas as coisas complexas em qualquer lugar do universo; a mesma para nós, para os chimpanzés, os vermes, os carvalhos e os monstros do espaço estelar. Por outro lado, não será a mesma para aquelas coisas que chamarei de “simples”, como as rochas, as nuvens, os rios, as galáxias e os *quarks*; estas são assunto da física. Macacos, cachorros, morcegos, baratas, pessoas, vermes, dentes-de-leão, bactérias e seres extraterrestres são assunto da biologia.

A diferença está na complexidade do design. A biologia é o estudo das coisas complexas que dão a impressão de ter um design intencional. A física é o estudo das coisas simples que não nos incitam a invocar um design deliberado. À primeira vista, artefatos humanos como computadores e carros parecerão exceções à regra: são complexos e obviamente seu design tem um propósito determinado, mas não são vivos e são feitos de metal e plástico, não de carne e osso. Neste livro, serão tratados invariavelmente como objetos biológicos.

O leitor talvez reaja com a seguinte pergunta: “Certo, mas eles são *realmente* objetos biológicos?”. As palavras existem para nos servir, não para mandar em nós. Para fins diversos, é conveniente usar as palavras em sentidos diversos. A maior parte dos livros de culinária trata as lagostas como peixes. É o tipo de coisa que deixa apoplético qualquer zoólogo, que argumentaria ser mais justo chamar de peixes os humanos, que têm parentesco bem mais próximo com os peixes do que as lagostas. Aliás, falando em justiça e lagostas, eu soube que há pouco um tribunal precisou decidir se as lagostas eram insetos ou “animais” (tratava-se de saber se era permissível cozinhá-las vivas). Zoologicamente falando, as lagostas certamente não são insetos. São animais, tanto quanto os insetos e os humanos. Não há razão para se exaltar sobre os modos como diferentes pessoas empregam as palavras, muito embora eu mesmo, em minha vida cotidiana, esteja pronto a me exaltar com gente que cozinha lagostas vivas. Cozinheiros e advogados precisam usar as palavras à sua própria maneira, exatamente como faço neste livro. Pouco importa se carros e computadores são ou não são “realmente” objetos biológicos. O que importa é que, se algo de tal complexidade for encontrado em um planeta, não hesitaremos em concluir que alguma forma de vida existe ou já existiu ali. As máquinas são produtos diretos de objetos vivos, devem sua complexidade e seu design a objetos vivos e são sintoma da existência de

vida em um dado planeta. O mesmo vale para fósseis, esqueletos e cadáveres.

Afirmar que a física é o estudo de coisas simples, e isso também pode soar estranho à primeira vista. A física parece ser um assunto complicado, pois suas idéias são difíceis de entender. O design de nosso cérebro é tal que nos permite entender a caça e a coleta, o acasalamento e a criação de filhos: um mundo de objetos de porte médio movendo-se em três dimensões em velocidades moderadas. Somos mal equipados para compreender o muito pequeno e o muito grande, coisas cuja duração se mede em picossegundos ou giga-anos, partículas que não têm posição, forças e campos que não podemos ver ou tocar e que conhecemos tão-somente porque afetam coisas que podemos ver ou tocar. Julgamos a física complicada porque temos dificuldade para entendê-la e porque os livros de física estão repletos de matemática difícil. E, no entanto, os objetos que os físicos estudam são basicamente objetos simples: nuvens de gás, partículas diminutas ou agregados de matéria uniforme como os cristais, com padrões atômicos repetidos quase infinitamente. Nenhum deles tem componentes ativos intrincados, ao menos para os padrões biológicos. Mesmo objetos físicos muito grandes, como as estrelas, têm um conjunto razoavelmente limitado de componentes, arranjados mais ou menos acidentalmente. O comportamento dos objetos físicos, não biológicos, é tão simples que é possível descrevê-lo com a linguagem matemática à nossa disposição, razão pela qual os livros de física estão cheios de matemática.

Os livros de física podem ser complicados, mas eles, assim como os carros e os computadores, são produtos de objetos biológicos — cérebros humanos. Os objetos e os fenômenos que um livro de física descreve são mais simples que uma única célula do corpo de seu autor. E o autor consiste em trilhões de células, muitas delas diferentes umas das outras, organizadas com arquitetura intrincada e engenharia de precisão para formar uma máquina

capaz de escrever um livro (os trilhões a que me refiro são americanos, assim como todas as unidades que emprego neste livro: 1 trilhão americano é 1 milhão de milhões; 1 bilhão americano são 1000 milhões). Nossos cérebros não estão mais bem equipados para lidar com extremos de complexidade que com os extremos de tamanho ou com os demais extremos difíceis da física. Ainda não inventaram uma matemática capaz de descrever totalmente a constituição e o comportamento de objetos como um físico ou mesmo uma única célula sua. O que podemos fazer é tentar entender alguns dos princípios gerais de como as coisas vivas funcionam e por que existem.

Foi aí que começamos. Queríamos saber por que nós e as demais coisas complexas existimos. E agora podemos responder a essa questão em termos gerais, mesmo sem conseguir compreender os detalhes dessa complexidade. Lancemos mão de uma analogia. A maioria de nós não entende os pormenores da construção de aviões. Provavelmente seus construtores também não os compreendem inteiramente: os especialistas em motores não entendem muito de asas, e os especialistas em asas só entendem os motores de um modo vago. Os especialistas em asas nem sequer compreendem as asas com precisão matemática total: só sabem prever como uma asa se comportará em condições de turbulência à medida que puderem examinar um modelo em um túnel de vento ou em uma simulação por computador — o tipo de coisa que um biólogo faria para entender um animal. Mas, por mais incompletamente que entendamos como funciona um avião, todos nós compreendemos o processo geral que o produziu. Foi projetado por seres humanos em pranchetas de desenho. Outros humanos construíram as peças a partir dos desenhos, e depois muitos outros humanos (com ajuda de outras máquinas projetadas por humanos) aparafusaram, rebitaram, soldaram e colaram as peças, cada qual em seu devido lugar. O processo que produz um avião não é

fundamentalmente misterioso para nós, porque foram seres humanos que o construíram. O arranjo sistemático de peças segundo um design planejado é algo que conhecemos e entendemos, pois já o vivenciamos em primeira mão — ao menos em nossa infância, brincando de montar nosso Meccano ou Erector.

E que dizer do nosso corpo? Cada um de nós é uma máquina semelhante a um avião, mas muito mais complexa. Também fomos projetados numa prancheta? Nossas peças foram montadas por um engenheiro experiente? A resposta é negativa. É uma resposta surpreendente, e só a conhecemos e entendemos há pouco mais de um século. Quando Charles Darwin explicou a questão, muita gente não quis ou não conseguiu entendê-lo. Eu mesmo me recusei terminantemente a acreditar na teoria de Darwin quando, ainda criança, a ouvi pela primeira vez. Quase todas as pessoas ao longo da história, ao menos até a segunda metade do século XIX, acreditaram firmemente no contrário — na Teoria do Designer Consciente. Muitas pessoas ainda a sustentam, talvez pelo fato notável de que a verdadeira explicação de nossa existência — a explicação darwinista — ainda não seja parte rotineira dos currículos fundamentais. E não resta dúvida de que o darwinismo é sobejamente incompreendido.

Tomei emprestado o relógio de meu título a um famoso tratado do teólogo setecentista William Paley. Seu *Natural Theology — or Evidences of the Existence and Attributes of the Deity Collected from the Appearances of Nature* [Teologia natural — ou evidências da existência e dos atributos da divindade reunidos a partir dos fenômenos da natureza], publicado em 1802, contém a exposição mais conhecida do “Argumento do Desígnio” [*Design*], até hoje o mais influente dos argumentos em favor da existência de um Deus. É um livro que admiro muitíssimo, pois em sua própria época o autor fez o que estou lutando para fazer agora. Paley tinha um argumento a defender, algo em que acreditava com toda a pai-

xão, e não poupou esforços para expô-lo claramente. Tinha a devida reverência pela complexidade do mundo dos seres vivos, e percebeu que esse mundo requer um tipo muito especial de explicação. Só errou na explicação — o que não é pouca coisa! Ele ofereceu a resposta religiosa tradicional para o enigma, mas articulou-a de um modo mais claro e convincente do que todos os seus predecessores. A explicação verdadeira é essencialmente diferente, e teve de esperar por um dos pensadores mais revolucionários de todos os tempos — Charles Darwin.

Paley começa sua *Natural Theology* com uma passagem célebre:

Suponhamos que, ao cruzar um descampado, eu topasse com uma pedra, e que me perguntassem como a pedra viera dar ali; eu poderia bem responder que, tanto quanto sabia, ela devia estar ali desde sempre — e creio que não seria fácil acusar tal resposta de absurda. Mas suponhamos que eu tivesse encontrado um *relógio* no chão, e que me perguntassem como o relógio podia estar ali; desta feita eu dificilmente pensaria em responder que, tanto quanto sabia, o relógio devia estar ali desde sempre.

Paley percebe aqui a diferença entre objetos físicos naturais, como as pedras, e objetos projetados e manufaturados, como os relógios. Prossegue expondo a precisão com que as engrenagens e molas de um relógio são moldadas e a complexidade de sua montagem. Se encontrássemos algo assim como um relógio em um descampado, e por menos que soubéssemos como ele viera a existir, toda essa precisão e complexidade de seu design acabariam por nos forçar a concluir

que o relógio deve ter tido um criador; que deve ter existido, em algum momento e em algum lugar, um artífice (ou artífices) que o

formou para o propósito que o vemos cumprir, um artífice que apreendeu sua construção e designou seus usos.

Ninguém em sã consciência poderia discordar dessa conclusão, insiste Paley, e contudo é exatamente isso que o ateu faz ao contemplar as obras da natureza, pois:

todos os indícios de um artifício, todas as manifestações de um design que existem no relógio existem também nas obras da natureza, com a diferença de que, na natureza, são maiores ou mais numerosos, e isso num grau que excede todo cômputo.

Paley reforça seu argumento com belas e reverentes descrições analíticas do maquinário da vida, a começar do olho humano, um exemplo recorrente que mais tarde Darwin também usaria e que reaparecerá ao longo deste livro. Paley compara o olho a um instrumento projetado pelo homem como o telescópio, e conclui que “as provas de que o olho foi feito para a visão são precisamente as mesmas que mostram que o telescópio foi feito para auxiliá-la”. O olho certamente contou com um designer, assim como o telescópio.

O argumento de Paley é exposto com arrebatada sinceridade e com base no melhor da biologia de seu tempo, mas é incorreto — flagrante e essencialmente incorreto. É falsa a analogia entre o telescópio e o olho, entre o relógio e o organismo vivo. A despeito de todas as aparências, os únicos relojoeiros da natureza são as forças cegas da física, ainda que atuem de um modo muito especial. Um verdadeiro relojoeiro possui antevisão: ele projeta suas molas e engrenagens e planeja suas conexões imaginando o resultado final com um propósito em mente. A seleção natural, o processo cego, inconsciente e automático que Darwin descobriu e que agora sabemos ser a explicação para a existência e para a forma aparentemente premeditada de todos os seres vivos, não tem nenhum propósito

em mente. Ela não tem nem mente nem capacidade de imaginação. Não planeja com vistas ao futuro. Não tem visão nem antevisão. Se é que se pode dizer que ela desempenha o papel de relojoeiro da natureza, é o papel de um relojoeiro *cego*.

Explicarei tudo isso e muito mais. Mas decerto não tentarei amesquinhar o prodígio dos “relógios” vivos que tanto inspirou Paley. Ao contrário, tentarei esclarecer minha idéia de que Paley poderia ter avançado ainda mais. Quando se trata de admiração pelos “relógios” vivos, não fico atrás de ninguém. Sinto-me mais próximo do reverendo William Paley que do ilustre filósofo moderno — e ateu notório — com quem certa vez discuti essas questões durante um jantar. Disse-lhe que não conseguia imaginar alguém sendo ateu antes de 1859, quando Darwin publicou *A origem das espécies*. “E quanto a Hume?”, retrucou o filósofo. “Como Hume explicava a complexidade organizada do mundo vivo?”, perguntei. “Não explicava”, disse o filósofo. “Por que isso precisaria de uma explicação especial?”

Paley sabia da necessidade de uma explicação especial. Darwin sabia também, e suspeito que, no íntimo, meu amigo filósofo também sabia. Seja como for, minha tarefa aqui é expô-la. Quanto a David Hume, há quem diga que o grande filósofo escocês deu cabo do Argumento do Desígnio um século antes de Darwin. Na verdade, o que Hume fez foi criticar a lógica de se usar um aparente desígnio como prova *irrefutável* da existência de um Deus. Ele não apresentou nenhuma explicação *alternativa* para esse aparente desígnio, mas deixou a questão em aberto. Antes de Darwin, um ateu poderia ter afirmado, pautando-se em Hume: “Não tenho explicação para a complexidade do design dos seres vivos. Tudo o que sei é que Deus não é uma boa explicação, portanto devemos aguardar e esperar que alguém avenge algo melhor”. Não posso deixar de sentir que uma tal atitude, ainda que logicamente correta, não satisfaria ninguém; penso igualmente que, antes de Darwin, o

ateísmo até poderia ser *logicamente* sustentável, mas que só depois de Darwin é possível ser um ateu intelectualmente satisfeito. Gosto de imaginar que Hume concordaria comigo, mas alguns de seus escritos sugerem que ele subestimava a complexidade e a beleza do design biológico. Ainda quando naturalista mirim, Charles Darwin poderia ter-lhe dado algumas dicas, mas na época em que ele se matriculou na universidade de Edimburgo, onde Hume lecionara, o filósofo já estava morto havia quarenta anos.

Com toda esta minha loquacidade ao discorrer sobre complexidade e aparente desígnio, fica parecendo que esses termos têm um significado óbvio. Em certo sentido, têm mesmo — a maioria das pessoas entende intuitivamente o que significa complexidade. Mas esses dois conceitos, complexidade e desígnio, são tão centrais para este livro que devo tentar expressar em palavras com mais precisão a nossa noção de que há algo de especial nas coisas complexas e aparentemente planejadas.

O que é uma coisa complexa? Como reconhecê-la? Em que sentido vale dizer que um relógio, um avião, uma lacrainha e uma pessoa são complexos, ao passo que a Lua é simples? O primeiro atributo que poderia nos ocorrer como necessário a uma coisa complexa é a heterogeneidade de sua constituição. Um pudim de leite ou um manjar-branco são simples no sentido de que, se os cortarmos ao meio, teremos duas metades com a mesma composição interna: um manjar-branco é homogêneo. Um carro é heterogêneo: ao contrário do manjar-branco, quase todas as partes do carro são diferentes das outras. Duas metades iguais de um carro não fazem um carro. Na maioria dos casos, isso significa simplesmente que um objeto complexo, à diferença de um objeto simples, tem muitas partes, sendo estas de mais de um tipo.

Tal heterogeneidade ou “multipartibilidade” pode ser uma condição necessária, mas não é suficiente. Há muitos objetos cuja composição interna é heterogênea e multipartida, sem por isso

serem complexos no sentido em que desejo usar o termo. O monte Branco, por exemplo, consiste em muitos tipos de rochas, todas amontoadas de tal modo que, se fatiássemos a montanha em qualquer ponto, as duas partes resultantes difeririam em sua constituição interna. O monte Branco tem uma heterogeneidade estrutural inexistente no manjar-branco, mas ainda assim não é complexo no sentido em que um biólogo usa o termo.

Tentemos outra abordagem em nossa procura por uma definição de complexidade, desta vez com a idéia matemática de probabilidade. Suponhamos a seguinte definição: uma coisa complexa é algo cujas partes constituintes encontram-se arranjadas de tal modo que não seja provável esse arranjo ter ocorrido somente por acaso. Tomando emprestada uma analogia a um astrônomo eminente: se pegarmos as peças de um avião e as amontoarmos ao acaso, a probabilidade de que assim montemos um avião é desprezível. Há bilhões de maneiras possíveis de montar as peças de um avião, e apenas uma (ou pouquíssimas) resultaria em um avião de verdade. E há ainda mais maneiras de montar as peças soltas de um ser humano.

Esse caminho para definir complexidade parece promissor, mas precisamos de algo mais. Afinal, há bilhões de maneiras de amontoar os pedaços do monte Branco, e só uma delas é o monte Branco. O que, então, torna complexos o avião e o ser humano, se o monte Branco é simples? Qualquer amontoado aleatório de peças é único e, se analisado *retrospectivamente*, tão improvável quanto qualquer outro. Um monte de peças soltas num ferro-velho de aviões é único; não há dois montes de ferro-velho idênticos. Se começarmos a amontoar fragmentos de aviões, as chances de produzirmos o mesmo arranjo de lixo duas vezes são tão pequenas quanto as chances de produzirmos um avião capaz de funcionar. Sendo assim, por que não dizemos que um monte de lixo, o monte Branco e a Lua são tão complexos quanto um avião ou um cachor-

ro, uma vez que em todos esses casos o arranjo dos átomos é “improvável”?

A trava da minha bicicleta tem 4096 combinações possíveis. Cada uma delas é igualmente “improvável”, visto que, se girarmos as rodas dentadas ao acaso, qualquer uma das 4096 combinações tem a mesma chance de aparecer. Posso girar as rodas ao acaso, ler o número resultante e exclamar, analisando retrospectivamente: “Incrível, as chances contra o aparecimento desse número são de 4096:1. Um pequeno milagre!”. Isso equivale a considerar “complexo” o arranjo específico das rochas de uma montanha ou das peças de metal num ferro-velho. Mas uma dessas 4096 combinações é realmente única: a combinação 1207 é a única que solta a trava. O caráter único de 1207 não tem nada a ver com nossa visão retrospectiva: essa combinação é especificada de antemão pelo fabricante. Se alguém girasse as rodas ao acaso e chegasse a 1207 na primeira tentativa, seria fácil roubar a bicicleta, e pareceria ter ocorrido um pequeno milagre. Se alguém tivesse a mesma sorte com uma daquelas travas múltiplas dos cofres de banco, estaríamos diante de um milagre dos grandes, pois a probabilidade nesse caso seria de um em muitos milhões, e seria então possível roubar uma fortuna.

Ora, chegar ao afortunado número que abre o cofre do banco equivale, em nossa analogia, a entulhar peças de metal ao acaso e assim montar um Boeing 747. De todos os milhões de combinações únicas — e em retrospecto igualmente improváveis — da minha trava de bicicleta, uma única é capaz de soltá-la. Similarmente, entre todos os milhões de arranjos únicos — e em retrospecto igualmente improváveis — de um monte de ferro-velho, um único (ou pouquíssimos) poderá voar. O caráter único do arranjo que voa, ou do que solta a trava, não tem nada a ver com nossa visão retrospectiva; ele é especificado de antemão. O fabricante de cofres fixou a combinação e transmitiu o segredo ao gerente do banco. A capacidade de voar é uma propriedade dos aviões que especifica-

mos de antemão. Quando vemos um avião no ar, podemos ter certeza de que não foi montado ao acaso, simplesmente amontoando-se peças de metal, pois sabemos que as chances de um conglomerado aleatório voar são ínfimas.

Pois bem, se considerarmos todos os modos possíveis de amontoar as rochas do monte Branco, é verdade que só uma delas formaria o monte Branco tal qual o conhecemos. Mas o nosso monte Branco é definido retrospectivamente. Qualquer um entre muitíssimos modos de empilhar rochas poderia ser classificado como uma montanha e vir a ser chamado de monte Branco. Não há nada de específico no monte Branco que conhecemos, nada nele foi especificado de antemão, nada nele equivale à decolagem de um avião ou à abertura da porta de um cofre, seguida da enxurrada de dinheiro.

No caso de um corpo vivo, o que seria equivalente à decolagem de um avião ou à abertura da porta de um cofre? Bem, às vezes algo literalmente igual: as andorinhas voam. Já vimos que não é fácil montar uma máquina de voar. Se tomássemos todas as células de uma andorinha e as juntássemos ao acaso, as chances de que o objeto resultante fosse capaz de voar não seriam, em termos práticos, diferentes de zero. Nem todos os seres vivos voam, mas todos fazem coisas igualmente improváveis e igualmente especificáveis de antemão. Baleias não voam, mas sabem nadar, e em eficiência seu nado não fica a dever ao vôo das andorinhas. As chances de que um conglomerado aleatório de células de baleia seja capaz de nadar — e nadar com tanta rapidez e eficiência quanto uma baleia — são desprezíveis.

Nesse ponto, algum filósofo com olhos de gavião (os gaviões têm visão muito aguçada: não conseguiríamos produzir um olho de gavião juntando ao acaso cristalininos e células fotossensíveis) começará a resmungar alguma coisa sobre argumentos circulares. Andorinhas voam, mas não sabem nadar; baleias nadam, mas não

sabem voar. É retrospectivamente que decidimos se o nosso conglomerado aleatório teve êxito como voador ou nadador. Suponhamos que concordemos em julgar seu êxito como algo capaz de fazer Xdor, e deixemos em aberto o que significa exatamente X até que tentemos juntar as células à nossa disposição. O amontoado final de células pode bem vir a ser um cavador eficiente como uma toupeira ou um trepador eficiente como um macaco; poderia ainda ser muito bom em windsurfe, ou em agarrar trapos ensecados, ou em caminhar em círculos de diâmetro decrescente até desaparecer. A lista poderia continuar indefinidamente. Ou será que não?

Se a lista de fato *pudesse* continuar indefinidamente, meu filósofo hipotético talvez tivesse razão. Se, não importa quão aleatoriamente amontoássemos pedaços de matéria, o conglomerado resultante fosse com frequência bom em *alguma coisa* depois de uma análise retrospectiva, então poderíamos dizer que eu andei trapaceando com o exemplo da andorinha e da baleia. Mas os biólogos podem ser bem mais específicos sobre o que significa ser “bom em alguma coisa”. O requisito mínimo para que reconheçamos um objeto como animal ou planta é que ele seja capaz de prover para sua vida, de algum modo (mais precisamente, que ele — ou ao menos alguns indivíduos de sua espécie — seja capaz de viver o bastante para procriar). É verdade que há muitas maneiras de prover para a vida — voar, nadar, pular de árvore em árvore e assim por diante. Mas *por muitas que sejam as maneiras de estar vivo, há certamente muito mais maneiras de estar morto*, ou melhor, de não estar vivo. Podemos juntar células ao acaso inúmeras vezes e ao longo de 1 bilhão de anos, e ainda assim jamais conseguir um conglomerado capaz de voar, nadar, cavar, correr ou fazer qualquer coisa (mesmo deficientemente) que nos permita julgá-lo minimamente capaz de se manter vivo.

Esse foi um argumento longo e arrastado, e já é hora de recordar como enveredamos por ele. Procurávamos um modo preciso

de expressar o que queremos dizer quando qualificamos uma coisa como complexa. Tentávamos apontar aquilo que os seres humanos, as toupeiras, as minhocas, os aviões e os relógios têm em comum e que os diferencia do manjar-branco, do monte Branco e da Lua. Chegamos à seguinte resposta: coisas complexas têm alguma qualidade, que pode ser especificada de antemão, cuja aquisição seria altamente improvável por mero acaso. No caso dos seres vivos, a qualidade em questão consiste em alguma espécie de “proficiência”: seja a proficiência numa atividade específica como voar, a ponto de causar admiração em um engenheiro aeronáutico; seja a proficiência em algo mais geral, como a capacidade de escapar à morte ou de propagar seus genes pela reprodução.

Escapar à morte é coisa trabalhosa. Abandonado a si mesmo — como acontece quando morre —, o corpo tende a regressar a um estado de equilíbrio com seu ambiente. Se medirmos a temperatura, a acidez, a porcentagem de água ou o potencial elétrico de um corpo vivo, constataremos que diferem marcadamente das medidas correspondentes a seu redor. Nosso corpo, por exemplo, costuma ser mais quente que o ambiente, e em climas frios o organismo tem de se esforçar para manter esse diferencial. Quando morremos, esse esforço cessa, o diferencial de temperatura começa a desaparecer e terminamos com a temperatura ambiente. Nem todos os animais se esforçam tanto para evitar o equilíbrio com a temperatura ambiente, mas todos os animais fazem algum esforço comparável. Por exemplo: numa região seca, animais e plantas lutam para conservar o conteúdo fluido de suas células, isto é, lutam contra a tendência natural da água a fluir de dentro deles para o mundo exterior seco. Quando não conseguem, eles morrem. De modo mais geral, se os seres vivos não se esforçassem para evitá-lo, todos acabariam por se fundir em seu ambiente e deixariam de existir como seres autônomos. É o que acontece quando morrem.

À exceção das máquinas artificiais, que já decidimos considerar coisas vivas honorárias, o que não é vivo não funciona assim. Uma coisa sem vida aceita as forças que tendem a colocá-la em equilíbrio com seu meio. É claro que o monte Branco existe há muito tempo e provavelmente persistirá por mais algum, mas ele não se esforça para seguir existindo. Uma rocha que pára por influência da gravidade continua no mesmo lugar. Nenhum esforço é necessário para conservá-la onde está. O monte Branco existe e continuará a existir até que se desgaste ou que um terremoto o derrube. Ele não toma providências para deter o desgaste ou para se refazer depois de derrubado, como fazem os seres vivos; simplesmente obedece às leis da física.

Isso equivale a negar que os seres vivos obedecem às leis da física? É claro que não. Não há razão para crer que as leis da física são violadas pela matéria viva. Não há nada de sobrenatural, não há nenhuma “força vital” rivalizando com as forças fundamentais da física. Estou apenas dizendo que, se tentarmos usar ingenuamente as leis da física para entender o comportamento de todo um ser vivo, não iremos muito longe. O corpo é uma coisa complexa, com muitas partes constitutivas, e para entender seu comportamento devemos aplicar as leis da física às suas partes, não ao todo. O comportamento do corpo como um todo emergirá então como consequência da interação de suas partes.

Tomemos, por exemplo, as leis do movimento. Se arremessarmos para o alto um pássaro morto, ele descreverá uma parábola graciosa, exatamente como prevêem os livros de física, cairá no chão e ali permanecerá. Ele se comporta como um corpo sólido de uma certa massa e de uma determinada resistência ao ar deve se comportar. Mas se arremessarmos um pássaro vivo, ele não descreverá uma parábola até cair no chão. Sairá voando, e talvez não queira pousar nas redondezas. Isso acontece porque ele tem músculos que se esforçam para resistir à gravidade e às demais forças físicas

que agem sobre seu corpo. As leis da física são obedecidas em cada uma das células de seu corpo. O resultado é que os músculos movem as asas de tal modo que o pássaro segue pairando no ar. O pássaro não está violando a lei da gravidade. Ele é ininterruptamente puxado para baixo pela gravidade, mas suas asas executam um esforço ativo — sempre obedecendo às leis da física em seus músculos — para mantê-lo no ar a despeito da gravidade. Só pensaremos que ele está desafiando uma lei física se formos ingênuos a ponto de tratá-lo como um amontoado indistinto de matéria com uma certa massa e resistência ao ar. Só quando lembrarmos de suas muitas partes internas, todas elas obedecendo às leis da física em seu próprio nível, é que entenderemos o comportamento de todo seu corpo. É claro que essa não é uma peculiaridade dos seres vivos. Ela se aplica a todas as máquinas fabricadas pelo homem e, potencialmente, a todos os objetos complexos e multipartidos.

Isso me conduz ao tópico final que desejo discutir neste capítulo altamente filosófico: o que entendemos por explicação? Já vimos o que definiremos como uma coisa complexa. Mas que tipo de explicação deve nos satisfazer quando tentamos imaginar como funciona uma máquina ou um ser vivo? A resposta é a que se encontra no parágrafo anterior. Se queremos entender como funciona uma máquina ou um ser vivo, devemos examinar seus componentes e indagar como interagem entre si. Se deparamos com uma coisa complexa que ainda não entendemos, poderemos vir a entendê-la com base em componentes mais simples, já conhecidos.

Se eu perguntar a um engenheiro como funciona um motor a vapor, tenho uma boa noção do tipo de resposta que deve me satisfazer. A exemplo de Julian Huxley, não me deixaria impressionar se o engenheiro dissesse que o motor é impelido pela *force locomotif*. E caso ele se estendesse sobre como o todo ultrapassa a soma das partes, eu o interromperia: “Deixe disso e me diga como ele *funciona*”. Eu esperaria aprender algo sobre como os componentes do

motor interagem para produzir o comportamento do motor inteiro. Aceitaria de início uma explicação baseada em grandes subcomponentes, cujo comportamento e estrutura interna, complicados demais, poderíamos deixar para mais tarde. As unidades de uma primeira explicação satisfatória poderiam atender por nomes como fornalha, caldeira, cilindro, pistão, válvula de pressão. O engenheiro contaria, sem maiores explicações, o que faz cada uma dessas unidades. Eu me daria por satisfeito para começar, sem perguntar como especificamente cada uma dessas unidades consegue cumprir sua função. *Dado* que cada uma das unidades faz uma coisa determinada, eu poderia então entender como elas interagem para pôr o motor em movimento.

É claro que, então, eu estaria livre para perguntar como funciona cada uma das partes. Tendo aceito previamente o *fato* de que a válvula de pressão regula o fluxo de vapor e tendo me valido desse fato para entender o comportamento do motor inteiro, posso voltar minha curiosidade para a própria válvula. Quero agora entender, com base nos componentes da válvula, como ela pode funcionar. Há uma hierarquia de componentes e subcomponentes. A cada nível, explicamos o comportamento de um componente segundo as interações de subcomponentes cuja organização interna não entra em discussão, ao menos por ora. Vamos descendo pela hierarquia até chegarmos a unidades tão simples que, para fins práticos, não sentimos mais necessidade de indagar a seu respeito. Um exemplo: certo ou errado, muitos de nós se darão por satisfeitos chegando às propriedades das barras rígidas de ferro e usarão essas barras como unidades de explicação das máquinas mais complexas que as contêm.

Mas os físicos não podem deixar de discutir as propriedades das barras de ferro. Querem saber por que são rígidas, e continuarão sua descida hierárquica até muitas camadas abaixo, até as partículas fundamentais e os *quarks*. Só que a vida é curta para que a

maioria de nós queira acompanhar esse raciocínio. Para qualquer nível dado de organização complexa, pode-se normalmente encontrar uma explicação satisfatória uma ou duas camadas mais abaixo, e ponto final. O comportamento de um carro é explicável falando-se de cilindros, carburadores e velas. É verdade que cada um desses componentes encontra-se no topo de uma pirâmide de explicações em níveis inferiores. Mas se me perguntassem como funciona um carro, eu seria pernóstico se respondesse com base nas leis de Newton e nas leis da termodinâmica, e um obscurantista rematado se evocasse as partículas fundamentais. Obviamente é verdade que o comportamento de um automóvel deve-se, em essência, às interações de partículas fundamentais. Mas é bem mais útil explicá-lo segundo as interações dos pistões, cilindros e velas.

O comportamento de um computador pode ser explicado com base nas interações de portas eletrônicas semicondutoras, e o comportamento destas, por sua vez, é explicado pelos físicos em níveis ainda mais básicos. Mas, para a maioria dos propósitos, estaríamos desperdiçando nosso tempo se tentássemos entender o comportamento do computador inteiro em qualquer um desses dois níveis. Há muitas portas eletrônicas e muitas conexões entre elas. Uma explicação satisfatória deve depender de um número manejável de interações. É por isso que, se quisermos entender o funcionamento dos computadores, preferiremos uma explicação preliminar pautada em meia dúzia de grandes subcomponentes — memória, processador, disco rígido, unidade de controle, chaves de entrada e saída etc. Tendo compreendido as interações da meia dúzia de componentes principais, talvez queiramos indagar sobre a organização interna desses componentes. Só os engenheiros especializados descerão ao nível das portas E e NEM, e só os físicos irão ainda mais longe, até o comportamento dos elétrons num meio semiconductor.

Para quem gosta de “ismos”, o nome mais adequado para meu tipo de explicação do funcionamento das coisas provavelmente seria “reducionismo hierárquico”. O leitor das revistas intelectuais da moda deve ter notado que “reducionismo”, assim como “pecado”, é uma daquelas coisas que só são mencionadas por seus opositores. Em certos círculos, declarar-se reducionista seria quase igual a admitir que se comem bebês. Mas assim como ninguém come bebezinhos de fato, ninguém é reducionista em algum sentido digno de oposição. O reducionista inexistente — aquele a quem todos se opõem, mas que de fato só existe na imaginação — tenta explicar coisas complexas *diretamente* com base nas suas *menores* partes constituintes ou mesmo, em algumas versões extremas do mito, como a *soma* das partes! O reducionista hierárquico, por outro lado, explica uma entidade complexa em qualquer nível da hierarquia de organização com base nas entidades que estão apenas um nível abaixo, entidades que, por sua vez, provavelmente serão complexas a ponto de exigir nova redução a suas partes constituintes, e assim por diante. Nem é preciso dizer — ainda que o execrado reducionista comedor de bebês mítico tenha fama de negá-lo — que os tipos de explicação cabíveis nos níveis superiores da hierarquia são muito diferentes dos tipos de explicação cabíveis nos níveis inferiores. É esse o motivo de se explicar um carro falando em carburadores, e não em *quarks*. Mas o reducionista hierárquico acredita que os carburadores são explicáveis com base em unidades menores..., que por sua vez são explicáveis com base em unidades menores..., que são finalmente explicáveis com base nas mais ínfimas partículas fundamentais. Reducionismo, neste sentido, é apenas outro nome para o honesto desejo de entender como as coisas funcionam.

Começamos esta seção perguntando-nos que tipo de explicação para as coisas complexas nos satisfaria. Acabamos de examinar a questão do ponto de vista de um mecanismo: como ele funciona?

Concluimos que o comportamento de uma coisa complexa deve ser explicado com base nas interações de seus componentes, considerados como camadas sucessivas de uma hierarquia ordenada. Mas uma outra questão consiste em saber como essa coisa complexa veio a existir. Essa é a questão que ocupa este livro inteiro, portanto não me alongarei muito sobre isso neste momento. Quero apenas mencionar que também aqui se aplica o mesmo princípio geral válido para entendermos os mecanismos. Uma coisa complexa é algo cuja existência não nos parece óbvia, e sim demasiado “improvável”. Ela não pode ter aparecido por um só golpe de sorte. Explicaríamos seu surgimento como conseqüência de transformações graduais e cumulativas, ocorridas passo a passo a partir de coisas mais simples, a partir de objetos primordiais tão simples que seu surgimento pode ser atribuído ao acaso. Assim como o “reducionismo de um grande passo” não serve para explicar um mecanismo e deve ser substituído por uma série de pequenos passos graduais hierarquia abaixo, do mesmo modo não podemos afirmar que uma coisa complexa tem origem num único passo. Novamente teremos de recorrer a uma série de pequenos passos, desta feita ordenados seqüencialmente no tempo.

Num livro primorosamente escrito, *The Creation*, o físico-químico Peter Atkins, da Universidade de Oxford, começa dizendo:

Conduzirei sua mente em uma jornada. Uma jornada de compreensão, que nos levará aos confins do espaço, do tempo e do entendimento. Afirmarei que não há nada que não possa ser entendido, que não há nada que não possa ser explicado, e que tudo é extraordinariamente simples. [...] Boa parte do universo não requer explicação. Os elefantes, por exemplo. Uma vez que as moléculas tenham aprendido a competir e a criar outras moléculas à sua própria imagem, os

elefantes e coisas semelhantes a eles no devido tempo estarão vagando pelos campos.

Atkins supõe que a evolução das coisas complexas — assunto de seu livro — é inevitável assim que se dêem as condições físicas apropriadas. Ele se pergunta quais seriam as condições físicas mínimas, qual o mínimo de estruturação que um Criador bem preguiçoso deveria providenciar para que o universo e, mais tarde, os elefantes e outras coisas complexas viessem um dia a existir. A resposta, de seu ponto de vista físico-químico, é que esse Criador poderia ser infinitamente preguiçoso. As unidades fundamentais originais que precisamos postular a fim de entender o surgimento de tudo consistem, para alguns físicos, em absolutamente nada ou, para outros, em unidades de simplicidade extrema, simples demais para precisarem de algo tão grandioso quanto uma Criação deliberada.

Atkins afirma que os elefantes e as demais coisas complexas não precisam de nenhuma explicação. Mas ele diz isso porque é um físico, que não põe em questão a teoria da evolução exposta pelos biólogos. Ele não quer de fato dizer que os elefantes não precisam de explicação; ele está satisfeito com a explicação dos elefantes proposta pelos biólogos, contanto que não sejam questionados certos fatos da física. Como físico, sua tarefa consiste em justificar esses fatos. E isso ele faz muito bem. Minha posição é complementar. Sou biólogo, não ponho em questão os fatos da física, os fatos do mundo da simplicidade. Se os físicos ainda não são unânimes em achar que esses fatos simples já são compreendidos, não é problema meu. Minha tarefa é explicar os elefantes e o mundo das coisas complexas com base nas coisas mais simples, que os físicos ou já entendem ou procuram entender. O problema dos físicos diz respeito às mais elementares origens e leis naturais. O problema dos biólogos é o problema da complexidade. O biólogo tenta explicar o

funcionamento e o surgimento das coisas complexas com base em coisas mais simples. Pode considerar cumprida sua tarefa quando chega a entidades tão simples que possam ser passadas adiante para os físicos.

Estou ciente de que minha caracterização de um objeto complexo — estatisticamente improvável quando não explicado retrospectivamente — pode parecer idiossincrática. O mesmo poderia valer para minha caracterização da física como estudo das coisas simples. Não me importo se o leitor preferir alguma outra maneira de definir complexidade, e teria prazer de discutir essa outra definição. Mas, qualquer que seja o *nome* que acabemos por dar a essa qualidade de ser estatisticamente-improvável-quando-não-explicado-retrospectivamente, eu gostaria que se reconhecesse que essa é uma qualidade importante, que exige um esforço especial de explicação. Essa é a qualidade que caracteriza os objetos biológicos, em contraste com os objetos da física. A explicação que apresentarmos não poderá contradizer as leis da física. Aliás, ela fará uso das leis da física, e de nada além das leis da física. Mas ela as empregará de um modo específico, que em geral não se discute nos livros de física. Esse modo é a teoria de Darwin, cujo cerne fundamental apresentarei no capítulo 3, sob o título de *seleção cumulativa*.

Nesse ínterim, quero seguir a trilha de Paley, enfatizando as dimensões do problema que nossa explicação deve enfrentar, a magnitude da complexidade biológica e a beleza e elegância do design dos seres vivos. O capítulo 2 contém uma discussão extensa de um exemplo específico, o “radar” dos morcegos, descoberto muito depois da época de Paley. Neste capítulo, inseri uma ilustração (figura 1) de um olho, seguida de duas ampliações de seções mais detalhadas — como Paley teria adorado o microscópio eletrônico! Na parte de cima da figura, temos uma seção transversal do olho inteiro. Esse nível de ampliação mostra o olho como instrumento óptico; a semelhança com uma câmara fotográfica é óbvia. A

íris é responsável pela variação da abertura, como o diafragma de uma câmara. O cristalino, que na verdade é apenas parte de um sistema complexo de lentes, responde pela parte variável do foco. O foco é modificado apertando-se o cristalino com os músculos (ou, no caso dos camaleões, movendo-se o cristalino para a frente e para trás, como numa câmara fabricada pelo homem). A imagem incide sobre a retina, que está atrás, e ali excita as fotocélulas.

Mais abaixo, vê-se a ampliação de uma pequena seção da retina. A luz vem da esquerda. As células sensíveis à luz (as “fotocélulas”) não são a primeira coisa que a luz atinge, uma vez que se localizam mais para dentro e estão viradas em sentido contrário ao da luz. Essa característica curiosa será discutida mais adiante. A primeira coisa que a luz atinge é uma camada de células ganglionares, que constituem a “interface eletrônica” entre as fotocélulas e o cérebro. Na verdade, as células ganglionares são responsáveis por um pré-processamento bastante intrincado da informação, antes de transmiti-la ao cérebro, e em certo sentido o termo “interface” não lhes faz justiça: “computador satélite” seria mais adequado. Das células ganglionares partem “fios” que correm pela superfície da retina até o “ponto cego”, onde mergulham através da retina para formar o cabo-tronco principal rumo ao cérebro — isto é, o nervo óptico. Há cerca de 3 milhões de células ganglionares na “interface eletrônica”, reunindo dados de aproximadamente 125 milhões de fotocélulas.

Na parte inferior da figura, vemos a ampliação de uma única fotocélula, o bastonete. Ao examinarmos a elaborada arquitetura interna dessa célula, tenhamos em mente o fato de que toda essa complexidade se repete 125 milhões de vezes em cada retina, e que uma complexidade comparável se repete trilhões de vezes por todo o corpo. Esse número de 125 milhões de fotocélulas corresponde a 5 mil vezes o número de pontos de resolução de uma foto em uma revista de boa qualidade. As membranas dobradas à direita das

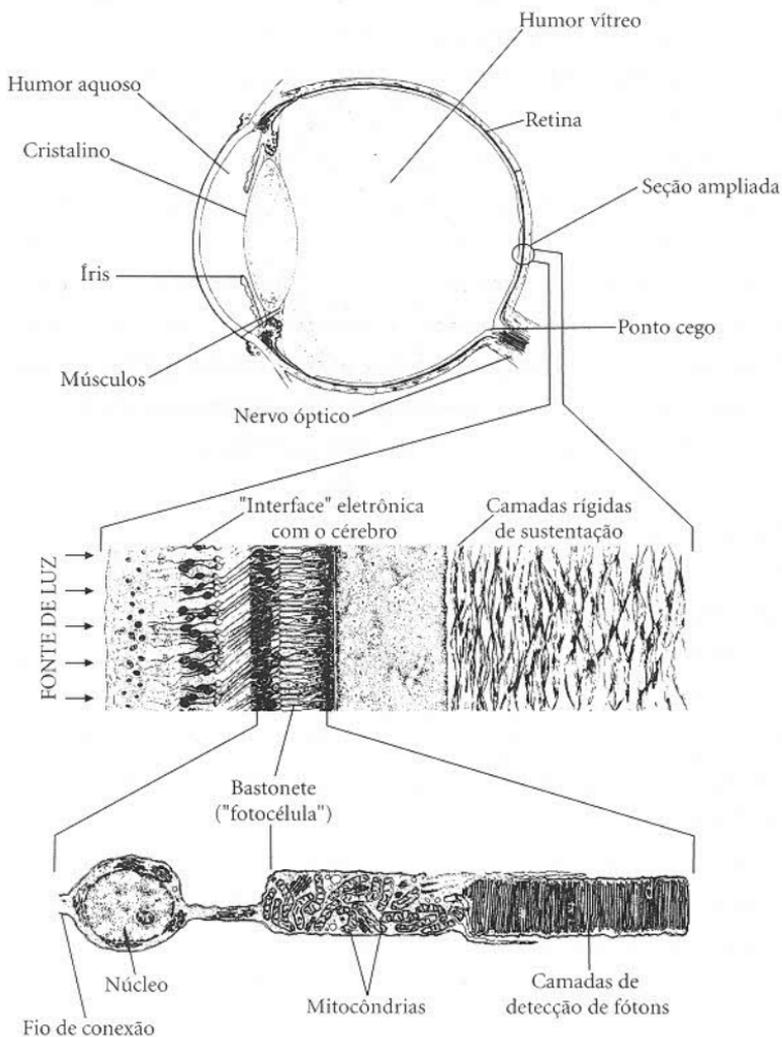


Figura 1

fotocélulas na ilustração são as estruturas realmente responsáveis pela detecção da luz. Sua conformação em camadas aumenta a eficiência da fotocélula na captação de fótons, as partículas fundamentais que compõem a luz. Se um fóton não é captado na primeira membrana, ele pode ser captado na segunda, e assim por diante. Em conseqüência, alguns olhos são capazes de detectar até mesmo um fóton isolado. As emulsões mais rápidas e sensíveis à disposição dos fotógrafos precisam de 25 vezes mais fótons para detectar um ponto de luz. Os objetos com forma de losango na seção média da célula são principalmente mitocôndrias. As mitocôndrias podem ser encontradas não apenas em fotocélulas, mas também na maioria das células. Cada uma delas pode ser entendida como uma usina química: a fim de entregar seu produto primário, a energia utilizável, cada uma processa mais de setecentas substâncias químicas diferentes, em longas e entrelaçadas linhas de montagem, dispostas sobre a superfície de suas membranas internas delicadamente dobradas. O glóbulo redondo à esquerda na figura é o núcleo, igualmente característico de todas as células animais e vegetais. Cada núcleo, como veremos no capítulo 5, contém um banco de dados codificado digitalmente, com mais informação do que todos os trinta volumes da *Enciclopédia Britânica*. E esse número vale para *cada* célula, não para a soma de todas as células de um corpo.

O bastonete ao pé da figura é uma única célula. O número total de células de um corpo humano chega a 10 trilhões. Quando comemos um bife, estamos estraçalhando o equivalente a mais de 100 bilhões de coleções da *Enciclopédia Britânica*.