

Nós,  
os micróbios  
e uma visão alargada  
da vida

Nós,  
os micróbios  
e uma visão alargada  
da vida

**ED YONG**

**TEMAS E DEBATES**

Círculo de Leitores

## Prólogo

# VIAGEM AO JARDIM ZOOLOGICO

*B*aba nem estremece. Mostra-se impávida ante a mole de crianças entusiasmadas que a rodeiam. Não se incomoda com o intenso calor californiano. Não se importa com os cotonetes que lhe esfregam na cara, no corpo e nas patas. A sua tranquilidade faz sentido, pois tem uma vida segura e confortável. Vive no Jardim Zoológico de San Diego, usa uma armadura impenetrável e, neste momento, está enroscada à volta da cintura de um tratador. *Baba* é um pangolim-arborícola, um animal ternurento que parece um cruzamento entre um papa-formigas e uma pinha. Aproximadamente do tamanho de um gato pequeno, os seus olhos pretos têm uma expressão melancólica e o pelo que lhe enquadra as faces lembra um par de costeletas de borrego desgredadas. A cara rosada termina numa tromba cónica desdentada, adaptada ao consumo de formigas e térmitas. Os robustos membros anteriores têm na extremidade longas garras curvas para se agarrar ao tronco das árvores e para abrir ninhos de insetos, e dispõe de uma cauda comprida para se pendurar em ramos de árvores (ou em tratadores afáveis).

As características mais distintivas, no entanto, são as escamas. Tem a cabeça, o corpo, os membros e a cauda cobertas de placas cor de laranja-claras sobrepostas que criam uma proteção extremamente dura. São compostas pelo mesmo material das nossas unhas – ceratina. Com efeito, parecem mesmo unhas, tanto à vista como ao toque, embora grandes, envernizadas e roídas. São todas flexíveis, mas estão bem presas ao corpo, pelo que se afundam e voltam a erguer-se quando lhe passo a mão pelas costas. Se lhe fizesse festas na direção oposta, é

bem possível que me cortasse – muitas dessas escamas são afiadas. Só a cara, a barriga e as patas de *Baba* não estão protegidas, e, se ela quisesse, defender-se-ia facilmente, enrolando-se numa bola. É esta capacidade que dá o nome à espécie: pangolim vem da palavra malaia *pengguling*, que significa «algo que se enrola».

*Baba* é um dos animais que servem de embaixadores do jardim zoológico – indivíduos excepcionalmente dóceis e bem treinados que participam em atividades com o público. Os tratadores levam-nos com frequência a lares e a hospitais pediátricos para alegrar o dia dos doentes, bem como para lhes ensinar sobre animais invulgares. Hoje, no entanto, teve folga. Está sentada em torno da cintura do tratador, qual cinto mais bizarro do mundo, enquanto Rob Knight lhe passa gentilmente um cotonete pelo lado da cara. «Esta é uma das espécies que sempre me cativou desde pequeno – só pelo simples facto de uma coisa destas existir», explica-nos.

Knight, um neozelandês alto e esgalgado de cabelo à escovinha, é perito em vida microscópica, conhecedor do invisível. Estuda bactérias e outros organismos microscópicos – micróbios –, sentindo-se especificamente fascinado por aqueles que vivem no interior e no exterior do corpo dos animais. Claro que, para os estudar, primeiro tem de os recolher. Os colecionadores de borboletas usam redes e frascos; a ferramenta de eleição de Knight é o cotonete. Passa com a ponta macia no focinho de *Baba* por alguns segundos, o suficiente para que a extremidade fique carregada de bactérias de pangolim. Milhares, senão mesmo milhões de células microscópicas estão agora emaranhadas no pelo branco. Knight trabalha delicadamente para não incomodar o pangolim. *Baba* seria incapaz de parecer menos perturbada. Fico com a impressão de que se uma bomba rebentasse ao lado dela, a reação seria estremecer ao de leve.

*Baba* é mais do que um pangolim. Está igualmente carregada de micróbios. A maioria vive no seu interior, sobretudo nos intestinos. Outros vivem à superfície, na cara, na barriga, nas patas, nas garras e nas escamas. Knight passa com um cotonete em cada um desses locais.

Já passou, em mais do que uma ocasião, com cotonetes no próprio corpo, uma vez que também ele alberga uma comunidade própria de micróbios. Eu também. E o mesmo acontece com cada animal no jardim zoológico. E todas as criaturas do planeta, salvo uns poucos animais de laboratório, desenvolvidos especificamente pelos cientistas para que sejam estéreis.

Todos nós somos donos de uma coleção microscópica vasta, designada coletivamente por *microbiota* ou *microbioma*<sup>1</sup>. Vivem na nossa superfície, no interior do nosso corpo e, por vezes, no interior das próprias células. Na sua grande maioria são bactérias, mas também existem outros organismos minúsculos, como os fungos (as leveduras, por exemplo) e as arqueobactérias, um grupo misterioso com que nos voltaremos a deparar mais à frente. Temos ainda incontáveis vírus – um *viroma* que infeta todos os outros micróbios e, por vezes, as células do hospedeiro. Não somos capazes de ver nenhuma destas partículas minúsculas. No entanto, se as nossas células desaparecessem misteriosamente, talvez fossem detetáveis como um brilho microbial etéreo, em torno de um núcleo animal desaparecido<sup>2</sup>.

Em alguns casos, mal se notaria as células em falta. As esponjas são dos animais mais simples, com corpos estáticos que nunca ultrapassam algumas células de espessura, ao mesmo tempo que albergam microbiomas fluorescentes<sup>3</sup>. Por vezes, quando observamos uma esponja ao microscópio, mal conseguimos ver o animal devido aos micróbios que o cobrem. As placozoas ainda mais simples pouco mais são do que aglomerados viscosos de células; parecem amebas, mas são animais como nós, contando, igualmente, com parceiros microbianos. As formigas vivem em colónias que podem chegar aos milhões de indivíduos, mas cada formiga individual é, por si só, uma colónia. Um urso polar que se passeie sozinho pelo Ártico, rodeado de gelo por todos os lados, está completamente cercado. O ganso-de-cabeça-listada transporta micróbios sobre os Himalaias, enquanto os elefantes-marinhos os levam até ao fundo do oceano. Quando Neil Armstrong e Buzz Aldrin pisaram a Lua, deram passos gigantesco também para os micróbios.

Orson Welles estava enganado quando disse que «Nascemos sozinhos, vivemos sozinhos, morremos sozinhos». Mesmo quando estamos sozinhos, nunca estamos realmente sozinhos. Existimos em simbiose – um termo maravilhoso que se refere a organismos diferentes que vivem juntos. Certos animais são colonizados por micróbios enquanto ainda se encontram nos óvulos por fertilizar; outros escolhem os primeiros parceiros na altura do nascimento. Passamos, depois, o resto da vida na presença deles. Quando comemos, eles também comem. Quando viajamos, eles acompanham-nos. Quando morremos, eles consomem-nos. Todos nós somos um jardim zoológico por direito próprio – uma colónia encerrada num único corpo. Um coletivo multiespécies. Um mundo inteiro.

Tais conceitos podem ser complicados de apreender, sobretudo por sermos uma espécie global. O nosso alcance é ilimitado. Chegámos a cada canto do nosso Planeta Azul, e alguns de nós foram ainda mais longe. Pode ser estranho pensar em existências a decorrerem num intestino ou numa célula, ou imaginar as diferentes partes do nosso corpo como paisagens vastas. Não obstante, tudo isso é verdade. A Terra contém uma grande variedade de ecossistemas diferentes: florestas tropicais, pradarias, recifes de coral, desertos, sapais, cada um com a sua comunidade característica de espécies. Mas um animal individual também está repleto de ecossistemas. Pele, boca, intestinos, órgãos genitais, qualquer órgão que esteja ligado ao mundo exterior: todos dispõem da sua comunidade específica de micróbios<sup>4</sup>. Todos os conceitos que os ecologistas usam para descrever os ecossistemas à escala continental que vemos graças aos satélites também se aplicam aos ecossistemas no nosso corpo, para os quais espreitamos por microscópios. Podemos falar sobre a diversidade das espécies microbianas. Podemos descrever redes alimentares, em que os diferentes organismos se comem e alimentam uns aos outros. Podemos identificar micróbios-chave que exercem uma influência desproporcional no seu ambiente – equivalentes às lontras-marinhas ou aos lobos. Podemos lidar com os micróbios causadores de doenças – agentes patogénicos – como cria-

turas invasivas, à semelhança dos sapos-boi ou das formigas-de-fogo. Podemos comparar os intestinos de alguém que padeça de doença inflamatória do intestino a um recife de coral moribundo ou um terreno de pousio: um ecossistema devastado em que o equilíbrio dos organismos foi afetado.

Estas semelhanças fazem com que, quando olhamos para uma térmita, uma esponja ou um rato, estejamos, ao mesmo tempo, a olhar para nós próprios. Os micróbios dos outros animais podem ser diferentes dos nossos, mas as nossas alianças regem-se pelos mesmos princípios. Uma lula com bactérias luminescentes que só brilhem à noite pode dizer-nos muito acerca dos fluxos das bactérias dos nossos intestinos. Um recife de coral cujos micróbios tenham sido afetados pela poluição ou pelo excesso de pesca sugere os tumultos que se passam nos nossos intestinos quando engolimos alimentos pouco saudáveis ou antibióticos. Um rato cujo comportamento se altere devido à influência dos seus micróbios intestinais pode revelar-nos algo sobre a influência que os nossos companheiros exercem sobre a nossa mente. Por meio dos micróbios, e apesar das nossas vidas profundamente diferentes, encontramos unidade com as outras criaturas. Nenhuma vive isolada; existem num contexto microbiano que implica negociações constantes entre espécies, das mais pequenas às mais imensas. Os micróbios também se movem entre animais, e entre o nosso corpo e o solo, a água, o ar, os edifícios e todos os ambientes que nos rodeiam. Ligam-nos uns aos outros e ao mundo.

Bem vistas as coisas, toda a zoologia é, na verdade, ecologia. Não podemos compreender plenamente a vida dos animais sem compreender os nossos micróbios e a simbiose que temos com eles. E não podemos apreciar totalmente o nosso microbioma sem avaliarmos como o das espécies que nos acompanham na Terra enriquecem e influenciam a sua vida. Temos de abranger todo o reino animal, ao mesmo tempo que nos concentramos nos ecossistemas ocultos que existem em todas as criaturas. Quando olhamos para escaravelhos e elefantes, ouriços-do-mar e minhocas, pais e amigos, vemos indivíduos que percorrem

a vida como um aglomerado de células num corpo único, animados por um cérebro único e a funcionar segundo um genoma único. É uma ficção agradável. Na verdade, cada um de nós é legião. Somos sempre «nós» e nunca «eu». Esqueçamos Orson Welles e prestemos atenção a Walt Whitman: «Sou grande, contendo multidões.»<sup>5</sup>

# 1.

## ILHAS VIVAS

A Terra tem 4,54 mil milhões de anos. Trata-se de um período de tempo demasiado vasto para compreendermos, portanto, reduzamos a história do planeta a um único ano<sup>1</sup>. No momento em que lê esta página é 31 de dezembro, pouco antes das badaladas da meia-noite. (Felizmente, o fogo de artifício foi inventado há nove segundos.) Os seres humanos só existem há 30 minutos ou menos. Os dinossauros governaram o mundo até ao serão de 26 de dezembro, quando um asteroide colidiu com o planeta e os eliminou a todos (com exceção dos pássaros). As flores e os mamíferos desenvolveram-se no início de dezembro. Em novembro, as plantas invadiram a terra e a maior parte dos principais grupos animais surgiu nos mares. Tanto as plantas como os animais são compostos por muitas células, e, por certo, no início de outubro já se teriam desenvolvido organismos multicelulares semelhantes. Poderão ter aparecido antes disso – os fósseis são ambíguos e estão abertos a especulação –, mas seriam raros. Antes de outubro, quase todos os seres vivos no planeta eram unicelulares. Seriam invisíveis a olho nu, caso os olhos existissem. Eram assim desde que a vida aparecera, algures em março.

Permitam-me frisar: todos os organismos visíveis com que estamos familiarizados, tudo que nos vem à ideia quando pensamos em «natureza», são recém-chegados à história da vida. Fazem parte da coda. Durante o grosso da história, os micróbios foram as únicas formas vi-

vas na Terra. Entre março e outubro do nosso calendário imaginário, foram eles quem governou o planeta.

Durante esse período, alteraram-no irrevogavelmente. As bactérias enriquecem os solos e decompõem poluentes. Conduzem ciclos planetários de carbono, nitrogênio, enxofre e fósforo, convertendo esses elementos em compostos que podem ser usados por animais e plantas, e depois devolvendo-os ao mundo pela decomposição de corpos orgânicos. Foram os primeiros organismos a fazer o seu próprio alimento, usando a energia do sol num processo chamado «fotossíntese». Libertaram então oxigênio como resíduo, emitindo tamanha quantidade desse gás que acabariam por alterar a atmosfera do planeta. É graças a eles que vivemos num mundo oxigenado. Ainda hoje, as bactérias fotossintéticas dos oceanos produzem o oxigênio de metade das nossas inalações, e captam uma quantidade equivalente de dióxido de carbono<sup>2</sup>. Dizem que atualmente nos encontramos no Antropoceno: um novo período geológico caracterizado pelo enorme impacto que os seres humanos exerceram no planeta. Podemos igualmente afirmar que ainda vivemos no Microbioceno: um período que começou na alvorada da vida e que continuará até que ela desapareça.

Com efeito, os micróbios estão um pouco por toda a parte. Vivem na água das mais profundas fossas oceânicas e nas rochas abaixo dela. Sobrevivem nas chaminés hidrotermais, nas fontes borbulhantes e no gelo antártico. Até os encontramos nas nuvens, onde servem de sementes para a chuva e para a neve. Existem em números astronômicos. Na verdade, excedem, em muito, os números astronômicos: há mais bactérias nos nossos intestinos do que estrelas na galáxia<sup>3</sup>.

Este é o mundo onde os animais tiveram origem, um mundo coberto de micróbios e transformado por eles. Tal como o paleontólogo Andrew Knoll certa vez disse, «Os animais podem ser a cobertura da evolução, mas as bactérias são o bolo»<sup>4</sup>. Sempre fizeram parte da nossa ecologia. Evoluímos entre elas. Além disso, evoluímos *delas*. Os animais pertencem a um grupo de organismos chamados *eucariotas*, que também incluem todas as plantas, fungos e algas. Apesar da

nossa óbvia variedade, todos os eucariotas são compostos por células que partilham a mesma arquitetura básica, o que os distingue de outras formas de vida. Contêm quase todo o ADN num núcleo central, uma estrutura que dá nome ao grupo – «eucariota» vem do grego «bom centro». Têm um «esqueleto» interno que garante apoio estrutural e movimenta moléculas de um lado para o outro. E têm mitocôndrias – centrais de energia em forma de feijão que fornecem energia às células.

Todos os eucariotas partilham estas características porque evoluímos de um antepassado único há cerca de dois mil milhões de anos. Antes desse momento, a vida na Terra podia dividir-se em dois campos, ou *domínios*: as bactérias, que já conhecemos, e as arqueobactérias, menos familiares, e atreitas a colonizar ambientes inóspitos e extremos. Ambos os grupos consistiam de células únicas sem a sofisticação dos eucariotas. Não dispunham de esqueleto interno. Não dispunham de núcleo. Não dispunham de mitocôndrias fornecedoras de energia, por motivos que em breve se tornarão claros. Também são semelhantes à superfície, razão pela qual, originalmente, os cientistas julgavam que as arqueobactérias *eram* bactérias. No entanto, as aparências iludem; as arqueobactérias são tão diferentes das bactérias na sua bioquímica como os PC são diferentes dos *Macs* nos seus sistemas operativos.

Durante, aproximadamente, os primeiros 2,5 mil milhões de anos de vida na Terra, as bactérias e as arqueobactérias seguiram rumos evolutivos *grosso modo* separados. Depois, numa ocasião fatídica, uma bactéria fundiu-se com uma arqueobactéria, perdendo a sua existência livre e ficando para sempre aprisionada no interior do novo hospedeiro. É assim que muitos cientistas acreditam que os eucariotas surgiram. É a história da nossa criação: dois grandes domínios da vida que se fundem e criam um terceiro, na maior simbiose de todos os tempos. A arqueobactéria forneceu o chassi da célula eucariótica, e a bactéria transformou-se na mitocôndria<sup>5</sup>.

Todos os eucariotas descendem dessa união fatídica. É por isso que os nossos genomas contêm muitos genes que ainda apresentam características arqueobacterianas e outras mais semelhantes às das bactérias.

Também é por isso que todos contemos mitocôndrias nas células. Estas bactérias domesticadas mudaram tudo. Ao garantirem uma fonte adicional de energia, permitiram que as células eucarióticas ficassem maiores, acumulassem mais genes e se tornassem mais complexas. Isso explica aquilo a que o bioquímico Nick Lane chama «buraco negro no centro da biologia». Existe um grande fosso entre as células mais simples das bactérias e das arqueobactérias e as células mais complexas dos eucariotas, tendo a vida conseguido cruzar esse fosso exatamente uma vez em quatro mil milhões de anos. Desde então, as inúmeras bactérias e arqueobactérias do mundo, todas a evoluir a uma velocidade vertiginosa, nunca mais conseguiram voltar a produzir um eucariota. Como pode isso ser possível? Outras estruturas complexas, dos olhos às couraças e aos corpos multicelulares, evoluíram em muitas ocasiões independentes, mas as células eucarióticas foram uma inovação única. Segundo defendem Lane e outros, isso deve-se ao facto de a fusão que as criou – a fusão entre uma arqueobactéria e uma bactéria – ter sido tão avassaladoramente improvável que nunca mais foi duplicada, pelo menos com êxito. Quando se uniram, esses dois micróbios foram contra as probabilidades e permitiram a existência de todas as plantas e animais visíveis a olho nu – ou, bem vistas as coisas, de tudo o que tem olhos. Eles são o motivo por que posso estar a escrever este livro e o leitor o está a ler. No nosso calendário imaginário, essa fusão ocorreu em meados de julho. O presente livro debruça-se sobre o que aconteceu em seguida.

Após a evolução das células eucarióticas, algumas começaram a colaborar entre si e a aglomerar-se, dando origem a criaturas multicelulares, como os animais e as plantas. Pela primeira vez, as coisas vivas tornaram-se grandes – de tal modo que puderam albergar enormes comunidades de bactérias e outros micróbios nos seus corpos<sup>6</sup>. Contar esses micróbios é difícil. Diz-se habitualmente que uma pessoa contém, em média, dez células microbianas por cada célula humana, o que fez de nós erros de arredondamento no nosso próprio corpo. No entanto,