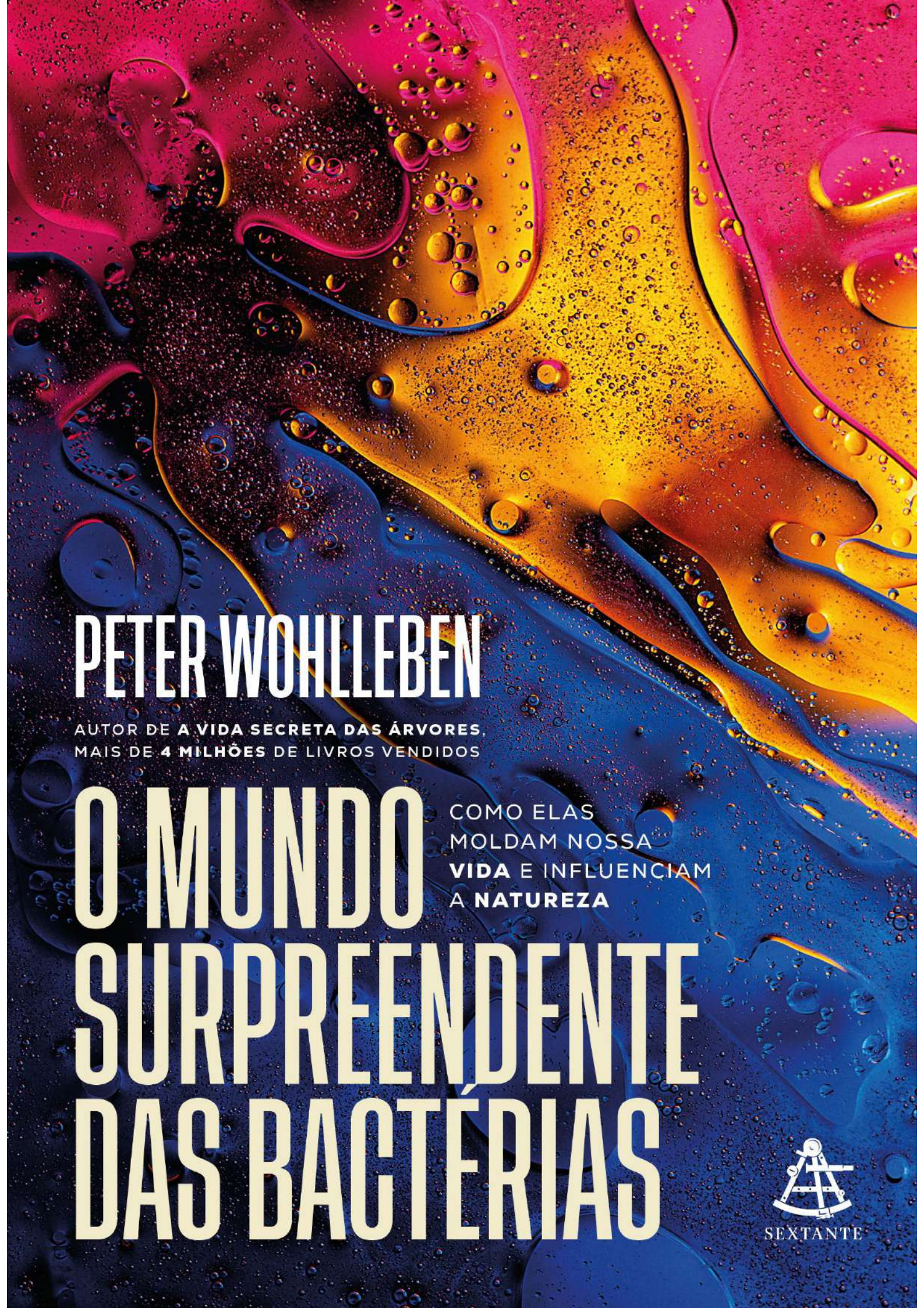




PETER WOHLLEBEN

AUTOR DE A VIDA SECRETA DAS ÁRVORES,
MAIS DE 4 MILHÕES DE LIVROS VENDIDOS

O MUNDO SURPREENDENTE DAS BACTÉRIAS

COMO ELAS
MOLDAM NOSSA
VIDA E INFLUENCIAM
A NATUREZA



SEXTANTE

Prefácio

Ainda lembro perfeitamente o dia em que estava assistindo a uma aula de biologia no ensino médio, imaginando que não havia mais nada fantástico a descobrir sobre o mundo. Afinal, todos os segredos já tinham sido decifrados e a vida podia ser explicada nos mais ínfimos detalhes. Sabíamos que o amor, por exemplo, não era um sentimento mágico, mas um processo hormonal desencadeado pela oxitocina. Fiquei bastante decepcionado ao me dar conta de que animais e plantas funcionavam como máquinas sem alma, e a natureza, como uma engrenagem previsível.

Não que eu desprezasse a ciência. Pelo contrário, eu era um entusiasta da pesquisa científica desde o ensino fundamental. Usava o dinheiro da mesada não para comprar doces, mas para adquirir larvas vivas na loja de produtos animais. As larvas eram vendidas como alimento para répteis, mas eu as colocava num vidro com farinha e as observava, maravilhado, transformarem-se em besouros pretos. Aranhas, salamandras e outros visitantes povoavam meu quarto de criança dentro de potes e terrários, mas desde cedo eu também me encantava até pelos seres mais diminutos. Com o velho microscópio da minha mãe, analisava os muitos organismos unicelulares fascinantes que habitavam uma única gota d'água do lago. Acabava molhando e manchando o carpete já enrugado do meu quarto, mas, por sorte, meus pais permitiam meus experimentos. Aprendi que mesmo seres minúsculos tinham suas necessidades e mereciam nosso respeito. Até que fui tomado por aquele pensamento desanimador em sala de aula.

Felizmente, as descobertas científicas evoluíram desde então. Hoje há provas categóricas de que até mesmo as plantas não somente conseguem ver, ouvir e sentir cheiros, como também têm estruturas semelhantes às de um cérebro. Em 2017, a revista *National Geographic* chegou a falar sobre uma “reviravolta copernicana” na biologia, referindo-se à descoberta re-

volucionária do astrônomo Copérnico de que não era a Terra, e sim o Sol, que ocupava o centro do sistema solar.¹

Eu também não desisti, durante todos esses anos, de buscar milagres na natureza. Não foi possível calar meu lado naturalista, que desde pequeno queria compreender cada mínimo detalhe. Até hoje me emociono quando a ciência faz descobertas surpreendentes, jogando pelos ares o saber tradicional. E ela tem feito isso com bastante frequência nos últimos anos, abrindo novos caminhos.

Um desses caminhos nos leva ao mundo das bactérias – e me deparei com esses organismos unicelulares muitas vezes ao longo da vida. Quem estuda plantas, sobretudo árvores, em algum momento esbarra nas bactérias, que atuam de várias formas no mundo vegetal. Elas são pequenas ajudantes que se aglomeram por toda parte, das raízes às folhas. Algo parecido acontece na pele e no intestino humano, o que já é de conhecimento geral há muito tempo. No entanto, certa teoria bem embasada acabou jogando para o alto pelo menos a *minha* concepção de mundo.

Eu me refiro à teoria fascinante de que as bactérias criaram todos os organismos multicelulares para servir como um tipo de nave espacial para suas necessidades. Elas seriam a tripulação do nosso corpo, nos ajudando a viver da melhor maneira possível, influenciando o que comemos e nos motivando a fazer exercícios físicos. Mas não se preocupe: não somos marionetes sem vontade própria, penduradas nos fios desses microrganismos. Embora a ciência convencional defina o *Homo sapiens* como a totalidade de suas células, o mais provável é que sejamos a soma de nosso organismo e de todas as bactérias que habitam nossas células, nosso intestino e cada canto do nosso corpo. Assim como os bilhões de neurônios em nosso cérebro formam uma consciência única capaz de dizer “Este sou eu!” diante do espelho, aquelas pequenas heroínas ocultas se misturam a todas as células do nosso corpo como um grande coral. Talvez sejam inclusive as regentes que dominam nossa consciência e nos tornam indivíduos únicos. E o que isso significa para você em termos práticos? Basicamente nada e muita coisa ao mesmo tempo.

Não significa nada porque, no fim das contas, não importa quem está no comando do seu corpo. Talvez precisemos rever nossa visão de mundo e revisar preceitos científicos, mas seria “apenas” isso: uma atualização do conhecimento.

Por outro lado, significa muita coisa porque as bactérias influenciam o clima local e global, mantêm os ciclos da água em movimento, fertilizam o solo e, assim, garantem uma flora abundante e uma fauna rica. Sem elas, a vida no planeta seria inconcebível. Também vale a pena tomar conhecimento da tripulação do seu corpo porque, assim, você pode cuidar melhor desses habitantes microbianos – quando eles estão bem, você também fica bem (ao longo do livro aprenderemos a lidar com nossos minúsculos inquilinos). E as bactérias não protegem apenas nosso corpo; elas lutam contra a poluição ambiental (degradando o plástico, por exemplo), combatem secas (favorecendo a formação de chuvas) e preparam as plantas para as mudanças climáticas (ajudando-as a desenvolver novas estratégias de sobrevivência).

Venha explorar comigo o mundo surpreendente das bactérias. Prometo que, ao fim desta jornada, você também as verá com novos olhos.



A INVENÇÃO DA VIDA

Estamos prestes a subverter o conhecimento tradicional.

Ou melhor: redirecioná-lo, porque a biologia caiu numa armadilha nos últimos séculos. Ela buscou explicar a vida a partir do que conseguia ver, concentrando-se em plantas e animais. Mas então os microscópios foram inventados e descobriu-se que existem seres muito mais numerosos que desafiam a classificação simples. Quanto mais estudamos esses seres, mais as antigas certezas são abaladas.

Vamos começar?

Bem escondidas

Afirmar que as bactérias dominam o mundo é audacioso, admito. É difícil acreditar no poder de seres tão minúsculos que nem sequer são notados no dia a dia. Mas a verdade é que elas estão por todo lugar: no ar, na água, no solo, em todas as superfícies. E, não satisfeitas, também vivem dentro de nós, bem escondidas. Talvez você já tenha ouvido falar em microbioma, o conjunto de microrganismos que existem na forma de bactérias, vírus e fungos, por exemplo. E elas estão bem escondidas *mesmo*: em cada célula do nosso corpo.¹

Ao que parece, nossa antiga visão de mundo está completamente errada. Considerávamos o ser humano o auge da criação, um construto complexo com uma mente inigualável no Universo. Isso pode ser verdade até certo ponto, mas já não sustenta a crença de que somos a espécie dominante no comando do planeta.

Há cada vez mais indícios de que a vida é comandada pelos seres mais ínfimos. Foram seus ancestrais que primeiro tomaram posse da Terra e a povoaram sozinhos durante um bom tempo. Proliferaram-se com toda a calma do mundo e testaram os habitats mais diversos, produzindo gases tóxicos e dizimando muitas outras espécies. Em suma, as bactérias descobriram como otimizar a si mesmas e o mundo à sua volta. Elas tiveram tempo suficiente para isso – cerca de 3 bilhões de anos. E, com o tempo, foram ganhando companhia. Outros organismos unicelulares que evoluíram a partir dos antepassados das bactérias, as arqueias, também nadavam nos oceanos primordiais. Elas tinham um metabolismo distinto, mas habitavam locais igualmente desafiadores, como fontes escaldantes nas águas profundas.

Então, há mais de 1,6 bilhão de anos,² algo deve ter ocorrido: uma bactéria conseguiu penetrar uma arqueia e se estabelecer ali sem que ambas morressem. Ou pode ter sido o inverso: a arqueia tentou devorar a bacté-

ria, cobrindo a vítima com sua membrana celular, como de costume, para digeri-la em seu interior, mas dessa vez não houve digestão, e sim fusão. A partir daí, os dois seres formaram uma célula comum, organizando-se de modo a complementar um ao outro e se tornar cada vez mais eficientes. Ao longo da evolução, uma célula se tornou várias, que passaram a coexistir e se especializar. Por fim, há 300 mil anos, 30 trilhões de células se juntaram e formaram o ser humano moderno.³

Se você está achando que há 30 trilhões de bactérias escondidas nas células do seu corpo, devo corrigi-lo: o número é muito, muito maior. Vejamos, por exemplo, o óvulo humano: só ali há 100 mil bactérias! As células de órgãos que consomem muita energia também contêm um número gigantesco de mitocôndrias (nome oficial das bactérias que se infiltraram ali). Essas bactérias outrora independentes se transformaram em verdadeiras usinas celulares que produzem, a partir do oxigênio e de nutrientes como o açúcar, o fornecedor de energia mais importante do corpo: o trifosfato de adenosina (ATP).⁴ Ele é o combustível que nos mantém vivos e em movimento, e precisamos dele em grandes quantidades: calcule sua massa corporal e você descobrirá a quantidade de ATP que consome todo dia. No meu caso, são 92 quilos.

Com todo esse consumo, o peso corporal não deveria oscilar absurdamente o tempo todo? Não precisaríamos de um volume enorme de comida para nos reabastecer? Não passaríamos o dia todo no banheiro nos livrando dos resíduos? A resposta é não, porque a quantidade de ATP presente no corpo a cada momento não é tão grande: em média, apenas 250 gramas. No meu caso, esse valor deve ser um pouco maior, o suficiente para manter meu corpo durante quatro minutos, ou talvez dois, se eu estiver me exercitando. E, mesmo assim, não passo o dia inteiro comendo ou expelindo detritos no banheiro.

Então de onde vem o reabastecimento de energia gigantesco que nem sequer percebemos? Muito simples: o combustível celular é reciclado num ritmo alucinante, e é aqui que as bactérias entram em cena de novo. As mitocôndrias são campeãs mundiais na reciclagem, conseguindo renovar cada molécula de ATP trezentas vezes por dia.⁵ Ou seja, os resíduos são incansavelmente disponibilizados como combustível, às vezes em questão de segundos. Por sua vez, as bactérias que antes viviam na natureza agora

recebem da célula tudo de que precisam para viver. Sem bactérias, não teríamos nem surgido e morreríamos em minutos.

Também não duraríamos mais de três dias se não houvesse outro grupo de bactérias que inventou algo especial. Há 3 bilhões de anos, elas criaram a fotossíntese. Podemos reconhecê-las por sua cor verde-azulada. Essas cianobactérias também passaram um bom tempo vagando sozinhas pelo mundo até que algumas delas decidiram se juntar a outra comunidade.

Desde então existem dois tipos de cavalos de Troia. Um não vive sem as bactérias que se transformaram em usinas celulares; o outro precisa de um segundo tipo de bactéria adicional. Você já deve ter decifrado: estou falando dos animais e das plantas. Talvez eu devesse ter mencionado as plantas primeiro, pois sem elas não haveria vida animal. Aliás, essa é a principal diferença entre os dois grupos: as plantas conseguem produzir o próprio alimento com a ajuda dos inquilinos bacterianos; os animais, não. Nós sempre precisamos consumir substâncias orgânicas que vêm de fora – todas, de um jeito ou de outro, provenientes das plantas.

Ou seja, sem as bactérias, a Terra seria um planeta aquático estéril com alguns continentes empoeirados. Mas será que podemos chamá-las de soberanas ainda hoje? Afinal, elas não parecem ter tanta influência, pelo menos não na forma infiltrada nas células. Elas transferiram parte de seus genes para as células vegetais e não podem mais sobreviver sem seus hospedeiros, reduzindo-se a uma espécie de organela celular. Por outro lado, elas também transferiram astutamente muitas tarefas para as células, livrando-se de um peso desnecessário. E é exatamente isso que se presume hoje: com os genes incorporados, as células vegetais desempenham diversas funções que acabam beneficiando as bactérias. Por exemplo, a *Arabidopsis thaliana*, uma planta silvestre encontrada em florestas e campos, adquiriu 18% de seu genoma das bactérias – cerca de 4.500 genes.⁶

Tudo isso é corroborado pelo fato de que essas bactérias rudimentares mantiveram pelo menos parte do próprio material genético. Em geral, o projeto para cada detalhe do nosso corpo fica no núcleo celular, especificamente nos cromossomos. Isso também deveria valer para os cloroplastos se eles tivessem se integrado completamente às plantas. No entanto, essas bactérias insistem em sua autonomia genética e dividem-se de forma inde-

pendente da célula vegetal, demonstrando até hoje que não pertenciam a ela originalmente e que pretendem continuar seguindo o próprio caminho.

O fato de as mitocôndrias poderem ser consideradas bactérias dependentes também é evidenciado pelo seu parentesco próximo com espécies independentes, como o patógeno do tifo. Esse patógeno também vive nas células humanas, mas não como ajudante, e sim como agressor. Apesar disso, sua configuração e seu metabolismo são surpreendentemente similares aos das mitocôndrias.⁷ Ambos foram bactérias livres um dia, mas acabaram em lados opostos da vida humana. E pode até ser que lá fora, nos oceanos, ainda encontremos parentes próximos das nossas mitocôndrias vagando livremente pela água salgada.⁸ Isso as mitocôndrias não podem mais fazer, pois seu reino se limita às fronteiras internas da membrana celular. Mas elas não estão, de forma alguma, imobilizadas ali dentro: nadam animadamente, fazendo o seu papel para nos ajudar. E mais: se a célula for atacada, elas defendem seu lar contra os agressores, que costumam ter como alvo uma bolha no interior da célula, onde são armazenados água e nutrientes e eliminados os resíduos. Ali os microrganismos invasores conseguem se multiplicar incrivelmente – a menos que as mitocôndrias vigilantes estejam a postos. Elas detectam os invasores (embora ainda não se saiba como) e vão até eles. Chegando lá, constroem uma espécie de muro de defesa em torno da bolha e retiram a fonte de alimento do invasor (que pode ser, por exemplo, o patógeno da toxoplasmose). Para isso, elas simplesmente se alimentam mais do que de costume, de modo a não sobrar nada para os visitantes indesejados, que acabam morrendo de fome.⁹

A influência que esses microrganismos exercem sobre nós é especialmente evidente quando se trata de procriação. Costumamos presumir que o material genético de cada um dos pais biológicos se encontra em seus descendentes na proporção de 50%, ou seja, que ambos contribuem igualmente para as características dos filhos. Isso não é de todo correto, pois as bactérias “atrofiadas” deixam na geração seguinte sua própria marca, às vezes bem nítida, como veremos a seguir.

Prazer, bactéria

A cabei de me dar conta de que ainda não apresentei formalmente as protagonistas deste livro. Fiz isso de propósito, porque queria, antes de tudo, suscitar seu interesse pelas criaturas que moldam você e sua vida. E, como não podemos vê-las a olho nu, chegou a hora de descrevê-las em detalhes para que você entenda quem exatamente está agindo dentro do seu corpo.

A primeira pessoa a observar bactérias foi o holandês Antoni van Leeuwenhoek, um comerciante de tecidos. Ele usava microscópios para verificar a qualidade de seus produtos e, mais tarde, construiu seus próprios aparelhos, capazes de ampliar a imagem em 270 vezes com uma única lente pequena e esférica. Com esses dispositivos, observou todo tipo de coisa minúscula, descobrindo, em 1683, as primeiras bactérias em sua própria placa dentária. No total, ele construiu cerca de quinhentos microscópios, tornando-se o principal microbiólogo de sua época, apesar de não ter nenhuma formação científica.¹⁰ Contudo, demorou mais duzentos anos até o médico e cientista Robert Koch comprovar a relação entre uma doença (antraz) e uma bactéria (*Bacillus anthracis*). Desde então, as bactérias passaram a ser consideradas patógenos pela ciência, e seus benefícios ao meio ambiente e aos seres humanos só foram revelados recentemente.

A maior parte dos organismos unicelulares costuma se assemelhar a uma cápsula, possuindo uma forma alongada e arredondada. Essa forma de bastão é chamada de bacilo. Além dela existem também bactérias em formato esférico (cocos) ou espiralado (espiroquetas), como os patógenos da doença de Lyme. Ou seja, até os organismos unicelulares diferem bastante em aparência.

Mesmo que não possamos vê-las a olho nu, as bactérias não são nada invisíveis. Quando estão muito aglomeradas, seu muco aquoso (ou, mais

tecnicamente, as partículas de exopolímeros transparentes)¹¹ se torna um pouco esbranquiçado. Aliás, uma correção: existe, sim, uma bactéria tão grande que pode ser vista a olho nu. Seu nome científico é *Thiomargarita magnifica*, e ela vive nas águas sulfurosas dos manguezais das ilhas Guadalupe, no Caribe. Ou seja, são mínimas as chances de você encontrá-la por aí.

As bactérias não possuem um núcleo celular que englobe o DNA. É isso que as diferencia das chamadas formas de vida superiores, as quais, sem exceção, possuem células com núcleo, como é o caso de plantas, fungos e animais. Um núcleo celular é algo notável: seu invólucro estável não protege somente as informações genéticas, mas também funciona como sensor. Quando a célula é comprimida, o núcleo registra a deformação e garante que a célula se adapte adequadamente ao ambiente.¹²

Se as bactérias possibilitaram a existência dos organismos multicelulares ou se podem até mesmo tê-los criado, então por que seu DNA também não está contido num desses invólucros incríveis? Bem, elas são pensadoras magistrais e podem se adaptar com uma facilidade surpreendente! É justamente por isso que dispensam o núcleo celular. Apesar de garantir uma boa proteção, o núcleo só permite adaptações genéticas de forma bastante complicada e lenta. E isso não serve para criaturinhas impacientes. Quando um ser dotado de núcleo celular (por exemplo, um ser humano) deseja produzir proteínas, as informações do DNA precisam ser lidas no núcleo. Mas, como o núcleo celular é obcecado por segurança, o DNA não pode sair de lá. Então o respectivo trecho é copiado no núcleo, e só a cópia é liberada. Em seguida, no lado de fora, tem início a produção das moléculas de proteína no citoplasma. E as bactérias, ao que parece, acham isso complicado demais. Quando precisam de proteínas, elas as criam diretamente do próprio DNA – um processo muito mais rápido. Além disso, no caso de perturbações ou outros sinais do exterior, elas podem adaptar sua produção imediatamente, o que é muito mais rápido.¹³

Aliás, rapidez é a palavra-chave quando o assunto é reprodução. As bactérias se poupam de todo o processo complicado de encontrar um parceiro, acasalar, gestar e dar à luz. Em vez de se reproduzir, elas simplesmente se dividem. No fim, é impossível determinar qual é a original e qual é a cópia, mas, aparentemente, isso não importa. O fato é que ninguém entre os seres vivos consegue produzir descendentes com mais rapidez. Por exem-

plo, as bactérias coliformes que habitam o intestino humano duplicam-se a cada vinte minutos sob condições favoráveis. Além disso, durante sua divisão, reproduzem rapidamente seu DNA: conseguem copiar incríveis mil nucleotídeos por segundo. E olha que elas nem são as mais rápidas. A recordista mundial é a *Vibrio natriegens*, bactéria costeira que adora sal e se duplica na metade do tempo: em menos de dez minutos.¹⁴

Só para você ter uma ideia, nos últimos milênios uma geração humana (o tempo decorrido entre o nascimento dos pais e o dos filhos) tem durado cerca de 28 anos.¹⁵ Desde a construção da grande pirâmide de Quéops no Egito, passaram-se 4.600 anos, o que corresponde a 164 gerações humanas. Para uma bactéria intestinal típica, isso corresponderia a menos de dois dias e meio. Enquanto o bolo alimentar se desloca em nosso sistema digestório, passam-se eras inteiras para esses microrganismos, que nesse período vivem, talvez até amem e, por fim, morrem. Apesar de sua divisão, eles não vivem para sempre, pois sua expectativa de vida é encurtada, entre outros fatores, pelos vírus.

O fato de as bactérias não se reproduzirem, mas se dividirem, tem uma grande desvantagem: ao contrário das plantas, elas sempre geram organismos totalmente desenvolvidos. Por um lado isso é bom, porque as bactérias já nascem prontas; por outro, isso as torna mais frágeis, pois impossibilita que sobrevivam durante muito tempo fora de seu ambiente nativo. A maioria das plantas usa uma estratégia diferente para preservar sua espécie e se disseminar: elas formam sementes, ou seja, embriões. Esses descendentes semidesenvolvidos conseguem resistir a condições que exterminariam a planta-mãe. Seca, frio, escuridão – nada disso é um problema, pois eles esperam até que as condições ambientais voltem a ficar favoráveis. É assim que muitas espécies vegetais sobrevivem, pelo menos durante um tempo, quando a natureza se torna inóspita. O recorde atual é das sementes de tamareira, que conseguiram germinar após 2 mil anos.¹⁶

Mesmo bactérias recém-divididas morrem rapidamente ao ar livre. A maioria de suas espécies precisa de um ambiente quente e, sobretudo, úmido, então não é de se admirar que o tempo que lhe reste seja, no máximo, de apenas algumas horas. O cenário só muda quando elas viajam em gotículas de água (como nos jatos das descargas sanitárias ou nas nuvens), tema ao qual voltaremos mais adiante.

Um clima seco e ensolarado não é favorável para as bactérias, mas uma catástrofe. No entanto, como são muito espertas, elas também encontraram uma solução para isso: transformam-se em esporo. Trata-se de uma cápsula que contém apenas 15% de água e na qual os processos vitais são suspensos, à semelhança de uma semente de planta. A vantagem é que, na forma de esporo, a bactéria não consome mais nenhuma energia e pode esperar bastante tempo (séculos e, em casos extremos, até milênios) até que as condições ambientais melhorem. E o esporo pode se transformar novamente numa bactéria ativa em questão de minutos. Ao contrário das plantas (ou dos esporos de fungos), a bactéria continua sendo o mesmo indivíduo após a transformação.¹⁷

E essa transformação ocorre sempre que as bactérias preveem uma grande mudança climática ou quando não há mais alimento. Aí elas não se dividem em dois seres iguais, como de costume, mas formam dentro de si uma pequena esfera em que as informações genéticas são armazenadas. Essa esfera é selada por uma membrana robusta, resistente ao calor. Em seguida, a bactéria-mãe se desintegra e libera a esfera. Não se trata de um nascimento de fato – afinal, a bactéria se dividiu como de costume, mas dessa vez só gerou um descendente, que é basicamente ela mesma numa pequena cápsula espacial. É ali que ela hiberna, sonhando com tempos melhores. Desse modo, consegue suportar temperaturas muito mais altas que em sua forma anterior. Esporos não são exterminados pela pasteurização (aquecimento a 72°C, como no caso do leite), pelo contrário: algumas espécies suportam inclusive o processo de fervura durante horas. Contudo, quando os esporos despertam para a vida e se tornam uma bactéria de fato, a resistência ao calor é perdida no mesmo instante.¹⁸ Mais uma vez, quando olhamos para as plantas e suas sementes, encontramos mais um processo equivalente nas bactérias, só que mais engenhoso. Afinal, que árvore consegue se encolher e sobreviver assim durante eras até despertar para a vida?

Em se tratando de reprodução, os organismos unicelulares inventaram técnicas bastante especiais. Não há sexo biológico, e a reprodução ocorre por meio de uma divisão “simplicária”, na qual o material genético não é recombinado como na reprodução sexuada, em que macho e fêmea misturam seus genes e geram um ser com algumas características dos pais ou até mesmo algumas totalmente novas resultantes da combinação. Na reprodu-

ção sexuada, a fusão do material genético do óvulo e do espermatozoide às vezes é imperfeita, podendo surgir variações indesejáveis.

Isso pode ser uma desvantagem, mas também pode ser vantajoso em condições ambientais variáveis. Foi assim, por exemplo, que nossos antepassados se adaptaram à fumaça das fogueiras. Foi a invenção do fogo que possibilitou o desenvolvimento de nossa civilização, mas os gases tóxicos com fuligem e todo tipo de substância carbonizada não queimada ameaçavam exterminar os primeiros inventores. Enquanto passaram gerações sentados em suas cavernas, tossindo em volta das chamas que os aqueciam e morrendo bastante jovens, de repente nasceram crianças que toleravam muito melhor a fumaça densa. Em seus genes, surgiu uma nova sequência que fornecia aos descendentes a capacidade de inalar parte da fumaça prejudicial com menos impacto para a saúde. Dependendo da substância, sua resistência aumentou em mil vezes. Os neandertais não tinham essa sequência genética, o que talvez tenha acelerado sua extinção.¹⁹

Então será que justamente a forma de vida mais antiga do planeta, que teve mais de 4 bilhões de anos para inventar algo semelhante, renunciou a essa possibilidade genial de adaptação? É claro que não: como você já deve imaginar, as bactérias são capazes disso, além de muito mais eficientes. É verdade que elas não misturam seus genes durante a divisão, mas não precisam fazer isso para obter novas características genéticas. Ao contrário de nós, elas conseguem fazer isso a qualquer momento e de forma independente da reprodução. Elas desenvolveram vários métodos de recombinação genética, e um deles se assemelha a um acasalamento: duas bactérias interessadas estendem sensores e verificam se a outra está a fim de uma troca. Se sim, aproximam-se para descobrir de quais informações a outra precisa. Em seguida, sequências de material genético são trocadas e incorporadas. E pronto: agora a bactéria se tornou resistente a antibióticos, por exemplo.²⁰

Isso é muito melhor que a reprodução sexuada, porque, nesse caso, as bactérias conseguem mudar a si mesmas, e não somente a geração seguinte. Além disso, elas também são menos românticas durante o processo. Afinal, é possível adquirir o material genético alheio com a mesma facilidade, mas sem namorico. Há uma quantidade enorme de DNA abandonado na natureza, porque, quando os organismos morrem e se desintegram, fragmentos de material genético permanecem no solo. E as bactérias se

aproveitam deles, se apropriando dos que lhe interessam. Se necessário, incorporam o material definitivamente em sua cadeia de DNA. Esse processo é chamado de “transferência genética horizontal”, em oposição à vertical, que ocorre de geração para geração.²¹ Não é de se admirar que as bactérias sejam tão inacreditavelmente adaptáveis: métodos de divisão acelerados, incorporação de características de outras espécies... Ninguém mais consegue se modificar com tamanha rapidez neste planeta.

E como elas enxergam o mundo? Aí a situação se complica para os organismos unicelulares, porque órgãos, como os olhos, são feitos de várias células. Não encontramos órgãos visuais nas bactérias, mas elas conseguem detectar luz mesmo assim. Elas não usam lentes e retinas, como os animais, e sim uma série de proteínas especializadas que servem como receptores, embora a pesquisa científica nesse campo ainda seja incipiente (durante muito tempo se achou que as bactérias não interagiam com estímulos luminosos). E faz sentido que elas tenham algum tipo de visão caso pertençam, por exemplo, ao grupo das cianobactérias e se alimentem de luz. É preciso saber onde encontrar comida! Outras espécies, como os patógenos da brucelose, uma temida doença infecciosa, precisam de informações para se preparar para um hospedeiro, como vacas, alces ou bisões. Quando percebem que está escuro (ou seja, que talvez tenham chegado ao destino!), iniciam seu protocolo de ataque.²²

As bactérias gostam de se deslocar. Só que não usam pernas para isso, pelo menos não como nós. Algumas espécies avançam como se estivessem apoiadas em bracinhos minúsculos, que se alongam e aderem a superfícies, mas esse processo é bastante lento. Já aquelas que têm flagelos (apêndices na forma de filamentos) na extremidade posterior são bem mais rápidas. Esses flagelos são acionados por uma espécie de motor (afinal, os organismos unicelulares não têm músculos) e se movem com tanta rapidez que fazem um ventilador moderno com 250 rotações por minuto parecer uma lesma. As líderes são as bactérias marinhas, cujos flagelos fazem 1.700 rotações por segundo!²³ Mas essas hélices têm uma desvantagem: é necessário haver água para esse minibarco se mover. O ar está fora de questão, pois elas precisariam de ainda mais energia para voar e, além disso, as bactérias odeiam aridez, porque se inativam, ressecam e morrem na secura. Isso dificulta especialmente a locomoção no solo. A terra contém inúmeros poros

cheios de ar. Qualquer jornada bacteriana terminaria neles. Mas, por sorte, existem fungos destemidos que também superam essas cavidades com seus filamentos, formando uma rede enorme sob a superfície do solo. O maior fungo individual encontrado até hoje, um *Armillaria* no estado do Oregon, nos Estados Unidos, estendeu seus filamentos por uma área de 9 quilômetros quadrados. Assim como as bactérias, fungos adoram umidade, e é por isso que seus filamentos são cobertos por uma película líquida fina. Isso permite que as bactérias usem os fungos como estradas subterrâneas e se projetem alegremente até mesmo por cavidades aeradas.²⁴ Elas contam, inclusive, com pontos de parada no meio do trajeto, pois os fungos fornecem aos viajantes açúcar obtido das árvores. Até 30% de toda a produção é distribuída por faias, carvalhos e outras árvores aos seus ajudantes felpudos e às bactérias, que retribuem o favor oferecendo todo tipo de assistência (falaremos mais sobre isso nas próximas páginas).

Não precisamos fazer esforço para nos locomover dentro de um ônibus ou trem, e é mais ou menos assim que as bactérias se sentem ao pegar carona em minhocas e outros habitantes do solo, com a diferença de que elas não viajam apenas em seu interior, mas também na superfície de seus corpos. Com isso, conseguem avançar vários metros, o que é uma distância enorme para os padrões das bactérias. E, quando se locomovem sozinhas, sua velocidade parece mínima (meros 400 a 500 micrômetros por segundo, dependendo da espécie), mas isso supera em muito a extensão de seu próprio corpo. Para fins de comparação, um nadador profissional não consegue avançar mais que o comprimento de seu próprio corpo em um segundo.²⁵

Quem se movimenta muito fica logo com fome. O prato favorito das bactérias varia bastante de acordo com a espécie, como veremos adiante. Durante a refeição, algumas espécies parecem exibir um comportamento semelhante ao nosso: a partilha de alimento. Por exemplo, grandes moléculas de açúcar costumam ser processadas fora do corpo, de modo que o prêmio possa ser dividido com outros indivíduos – como um bando de leões devorando um búfalo.

Em lagos croatas, porém, pesquisadores se surpreenderam ao encontrar bactérias que devoravam todos os fragmentos de açúcar de uma só vez. Assim, podiam decompor o alimento sem dividi-lo com os companheiros. A equipe de pesquisa descreveu esses organismos unicelulares como “egoís-

tas”, e seu comportamento como “dominante”. Quem monopoliza a comida faz com que os outros passem fome e definham, o que acaba diminuindo a população. Esse egoísmo alimentar varia de acordo com a estação do ano e a oferta de alimento. Num dos dois lagos pesquisados, onde quase não havia oferta de alimento, o egoísmo era mais acentuado no inverno, quando a oferta era ainda menor. Parece lógico: a competição alimentar compensa quando oferece alguma vantagem. Para a surpresa da equipe, no outro lago, onde havia mais nutrientes durante o ano todo, o egoísmo era mais acentuado no verão, época da proliferação de algas. As algas e as plantas produzem açúcar, então no verão deveria haver mais do que o suficiente para cada indivíduo. Será que aquelas bactérias eram simplesmente cruéis?

E elas não buscavam qualquer açúcar, mas claramente preferiam o pululano. Essa guloseima produzida por fungos não costuma ser compartilhada de bom grado. Quem pega para si todo o pululano do ambiente acaba deixando os companheiros com pouco alimento palatável ou, na pior hipótese, os condena à morte por inanição. Essa descoberta ajuda a explicar a biodiversidade e a composição dos ecossistemas nos quais as bactérias desempenham um papel crucial. Quando as bactérias egoístas excluem outras espécies, as cadeias alimentares que têm esses organismos unicelulares em seu início e em seu fim funcionam de maneira completamente diferente, mas ainda não sabemos muito bem como.

Por outro lado, as habilidades cognitivas das bactérias já foram bem pesquisadas. Elas são mestres do cálculo, por exemplo. Poderíamos equiparar seus processos de pensamento, assim como os do nosso cérebro, às operações de cálculo de um computador. Isso não se aplica somente aos exemplares unicelulares que vivem na natureza, mas também aos seus parentes dentro das células, as mitocôndrias. As células em si – por exemplo, os neurônios dos animais, mas também estruturas semelhantes nas raízes das plantas – estão sempre buscando novas soluções diante de lesões, secas e outros fatores ambientais. A natureza faz cálculos o tempo todo, numa ordem de grandeza inimaginável. Anastassia Makarieva, uma cientista russa cuja pesquisa pioneira conheceremos melhor nas próximas páginas, realizou um cálculo complexo e chegou ao seguinte resultado: a cada segundo, em cada metro quadrado de natureza intacta, ocorrem 2×10^{20} operações de cálculo – isso corresponde a 200 quintilhões de processos! Em meros 30

gramas de solo florestal (o que corresponde a duas colheres de sopa cheias de terra), há 450 bilhões de bactérias que estão pensando incessantemente e que pertencem, de acordo com estimativas, a 1 milhão de espécies.²⁶

Para fins de comparação, um supercomputador consegue fazer 1 bilhão de operações a menos por metro quadrado (e consome muito mais energia para isso). Nesse sentido, mesmo seu pequeno jardim de casa é infinitamente superior a qualquer inteligência artificial. Mas, afinal de contas, para que a natureza precisa de uma capacidade de processamento tão colossal assim? Porque a vida precisa descobrir, o tempo todo e por toda parte, como manter as condições ambientais favoráveis para viabilizar uma existência sustentável. Ela vem fazendo isso há mais de 4 bilhões de anos.

Segundo Makarieva, quando atrapalhamos esse processo, desestabilizamos a natureza. E outra coisa fica clara segundo os cálculos da pesquisadora russa: se danificarmos os ecossistemas de modo que eles não consigam mais reparar a si mesmos, de pouco adiantará que um dia deixemos de emitir gases de efeito estufa. Nossos computadores não conseguiriam substituir a capacidade de processamento da natureza.²⁷ Ou seja, é melhor deixarmos que as bactérias e os ecossistemas criados por elas descubram como mitigar os danos causados por nós. Por enquanto, parece que eles ainda são capazes disso, desde que lhe demos um pouco mais de espaço.

E a longevidade? Não é lastimável que as gerações e o tempo de vida desses seres minúsculos durem apenas algumas dezenas de minutos, numa existência que mal começa e já acaba? Bem, também nesse caso, não é muito útil analisar as bactérias com base nos nossos parâmetros humanos. Pode-se dizer, inclusive, que a vida de uma bactéria não termina com a divisão, mas se duplica: afinal, qual é a original e qual é a cópia? Se considerarmos que há duas originais, então as bactérias poderiam viver infinitamente, repetindo o processo a cada nova divisão. O mesmo vale se considerarmos que uma célula permanece sendo a original enquanto a outra é uma cópia, já que esse processo também pode se repetir infinitamente. Somente numa terceira hipótese, na qual duas cópias surgem a partir de uma célula-mãe, é que a vida terminaria nesse processo. Mas nem por isso deveríamos sentir pena das bactérias.

Imaginemos, por exemplo, a vida de uma bactéria em nossos dentes. Assim que escovamos os dentes à noite e vamos dormir, inicia-se a ascen-

são de uma nova dinastia de microrganismos da cárie. Eles vivem, se alimentam e fundam novas comunidades. Alianças se formam, e estruturas (placa bacteriana) são construídas. Ao longo de vinte gerações as bactérias trabalham, se organizam e se espalham antes que ocorra uma catástrofe natural (a escovação na manhã seguinte), o que faz toda a sua população regredir novamente à Idade da Pedra. Segundo os registros que temos, a humanidade nunca viveu períodos tão longos assim sem destruição em massa. Ou seja, nesse sentido as bactérias têm uma vida bastante confortável, se desconsiderarmos outras possíveis ameaças, como ataques de vírus ou fungos.

Até aqui, apresentei as bactérias como as inventoras de todas as formas de vida superiores. Se isso for realmente verdade, então todos os seres do planeta se originaram de uma única bactéria primordial. Essa é a questão que exploraremos agora.

CONHEÇA OS LIVROS DE PETER WOHLLEBEN

A vida secreta das árvores

A vida secreta dos animais

A sabedoria secreta da natureza

O mundo surpreendente das bactérias



Este e outros títulos do nosso catálogo estão disponíveis em audiolivro.

sextante.com.br

