

MULTID

TERRA DA GENTE

48



Las estão - literalmente - por toda parte, mas ninguém as en-

xerga a olho nu. Elas têm a capacidade extraordinária de sobreviver aos meios mais hostis e de permanecer em estado

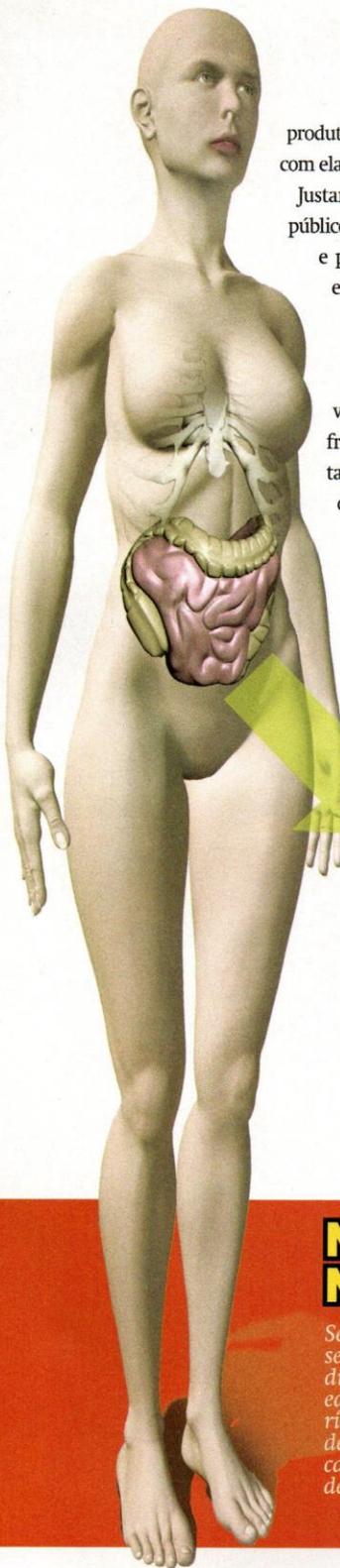
latente durante anos, aguardando condições ideais para então proliferar rapidamente e dominar o ambiente. Mais do que isso: conseguem alterar o próprio ambiente, mudar fórmulas químicas e produzir novos materiais. Elas estão relacionadas a um bom número de patentes biotecnológicas, ao desenvolvimento de novos produtos, a processos industriais mais limpos, à produção de compostos químicos essenciais, à conversão de resíduos em matérias-primas. Elas participam tão intensamente do nosso cotidiano - de alimentos simples (e sua digestão) a sofisticados medicamentos - que não seríamos capazes de viver sem elas. No entanto, tudo o que conseguimos pensar quando alguém menciona a palavra bactérias é nas doenças por elas provocadas e nos

TIDÃO INVISÍVEL

texto LIANA JOHN ilustrações RENATO MUNHOZ

Existem pelo menos
50.000.000.000.000.000.000.000.000.000
bactérias na Terra, 50 trilhões de vezes mais do que o número de
estrelas conhecidas no universo e 150 quinquilhões de vezes a
população humana. E apenas começamos a vislumbrar
o que isso significa para todos os outros seres vivos

Candidatus Magnetoglobus multicellularis



produtos de limpeza e higiene desenvolvidos para acabar com elas.

Justamente para mudar a visão parcial e equivocada do público leigo, dois cientistas franceses uniram esforços e produziram uma das publicações mais originais e completas sobre essa multidão invisível e muito diversificada: *O planeta das bactérias – Esse pequeno mundo que nos governa*.

“Percebi que mesmo entre cientistas o universo das bactérias era muito pouco conhecido e freqüentemente visto com preconceito. E, no entanto, as bactérias estão por toda parte, solitárias ou gregárias, em estado vegetativo ou na forma de esporos, aliadas ou inimigas, elas estão presentes em florestas, desertos, no gelo polar, na água fervente das fontes vulcânicas, no ar que respiramos e nos intestinos dos cupins”, enumera a engenheira e principal autora Georgette Charbonnier, do Centro de Cooperação Inter-

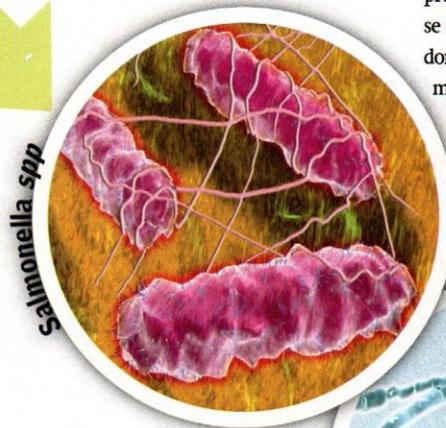
nacional em Pesquisa Agronômica para o Desenvolvimento (Cirad). “Todos os co-localitários da Terra – nos continentes ou nos oceanos, do menor ao maior, do mais móvel ao mais imóvel – estão relacionados às bactérias e delas dependem, tanto em sua estrutura como em suas funções”, acrescenta o doutor de Estado em Ciências Naturais e idealizador do conceito e formato da publicação, Michel Launois, também do Cirad.

“Se todas as bactérias desaparecessem, o homem as seguiria de perto”, reforça, no prefácio do livro, o professor de Imunologia Patrice Debré, da Universidade de Paris. “Um mundo sem bactérias seria um mundo sem vida, o próprio solo se tornaria estéril e o ar ficaria mais pobre em oxigênio e gás carbônico. É preciso admitir que, se o homem soube se impor à natureza, as bactérias ainda dominam o Planeta e acompanham muito de perto as evoluções antrópicas do ambiente. Elas se adaptam sem cessar à nossa civilização, a nossos dejetos, a nossos novos estados de imunidade”.

O nome vem do grego *bakterion* e significa

NA SAÚDE E NA DOENÇA

Sem bactérias em seu organismo, o ser humano seria incapaz de digerir diversos alimentos e manter a saúde. O equilíbrio entre as diversas espécies de bactérias, porém, é tão fundamental quanto a presença delas no corpo humano. Os esforços para eliminar as bactérias causadoras de doenças, por meio de antibióticos, em geral causam desequilíbrio e abrem as portas para infecções mais violentas.



Salmonella spp



Bacillus anthracis

pequeno bastão. É uma alusão à forma de muitas delas, mas bem poderia dar margem a uma interpretação mais fantasiosa: varinha de condão. Afinal, as atividades das bactérias muitas vezes produzem resultados aparentemente mais próximos do mundo da magia do que da Ciência. E, como as varinhas mágicas, nossos pequenos bastões podem fazer tanto bem como mal.

Como toda gente sabe, infecções intestinais com fortes diarreias, às vezes fatais, são causadas por *Escherichia coli*. Trata-se de uma espécie de bactéria sempre presente em nosso sistema digestivo, capaz, no entanto, de proliferar rapidamente em resposta a desequilíbrios alimentares ou alterações ambientais, 'voltando-se' contra o organismo que a hospeda. A ponto de causar a morte. Todavia a mesma *E. coli* salva a vida dos diabéticos, com seu 'trabalho' em laboratórios, na produção de insulina.

O mesmo se dá com *Pseudomonas*, um gênero de bactérias comuns no órgão genital

Se todas as bactérias desaparecessem, o homem também morreria

feminino, capazes de causar infecções quando o sistema imunológico enfraquece. No solo, porém, essas bactérias conseguem degradar petróleo e derivados, ajudando tanto a limpar ambientes afetados por derramamentos como contaminados por herbicidas (derivados de petróleo). Mas as mesmas *Pseudomonas* quando presentes em poços de petróleo são uma tremenda dor de cabeça para o setor produtivo, pois chegam a consumir o petróleo na rocha e diminuir a produtividade do poço.

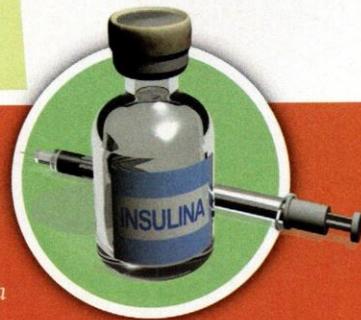
Ser 'do bem' ou 'do mal' conforme o ambiente – ou conforme o ponto de vista de quem é afetado – é uma das características das bactérias com a qual o homem tem mais problemas em lidar. Outro desafio é a imensa dificuldade em classificá-las, nomeá-las, conhecer suas funções e seu potencial em pesquisas biotecnológicas. Ou simplesmente estimar quantas delas existem em cada metro quadrado. "Em se tratando de bactérias, nós mal arranhamos a superfície do conhecimento", afirma Thomas Lewinsohn, do departamento de Zoologia da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), responsável pela coordenação da *Avaliação do Estado de Conhecimento da Diversidade Biológica do Brasil*, um relatório nacional obrigatório para os signatários da Convenção de Diversidade Biológica (CDB), publicado em 2006.

Até a finalização do relatório, o Brasil conhecia 4.314 espécies de bactérias, distribuídas em 849 gêneros, enquanto o número de espécies estimado era 1 milhão. "Foi a melhor estimativa que pudemos fazer, mas, na verdade, sequer sabemos como a biodiversidade bacteriana se organiza no espaço", comenta o pesquisador. "As medidas que temos são de amostras de solo coletadas em diferentes ecossistemas, porém não sa-



NEM MOCINHAS, NEM BANDIDAS

As mesmas bactérias que no organismo humano podem provocar doenças são responsáveis pela produção de medicamentos. Assim, a bactéria causadora de diarreias – *Escherichia coli* – é usada na fabricação de insulina para diabéticos. Ingerir bactérias, ao invés de eliminá-las, pode ser uma boa maneira de prevenir doenças. É o caso dos lactobacilos – como *Bacillus coagulans* – presentes nos iogurtes e no leite fermentado, e também inoculado na ração de animais domésticos.



bemos se uma nova amostra coletada 10 metros adiante ou logo após uma chuva produziria ou não um resultado muito diferente”.

Um estudo publicado na revista Science, em junho de 2006 – posterior ao relatório – confirma a possibilidade de as estimativas mudarem radicalmente à medida que aumenta o esforço de pesquisa. Somente na superfície das folhas de 9 árvores da Mata Atlântica, coletadas nas copas, os cientistas M. R. Lambais, D. E. Crowley, J. C. Cury, R. C. Büll e R. R. Rodrigues, da Universidade de São Paulo e da Universidade da Califórnia (EUA), encontraram de 95 a 671 espécies diferentes de bactérias, das quais 97% eram

desconhecidas da Ciência e somente 0,5% eram comuns a todas as árvores. Considerando que a estimativa de espécies de plantas da Mata Atlântica é de 20 mil, só na superfície de suas folhas eles estimam a existência de 2 a 13 milhões de bactérias a serem descobertas!

A classificação das bactérias mudou muito com a possibilidade de análises químicas e de DNA, em substituição ao cultivo em laboratório. “Apenas uma fração mínima de bactérias existentes na natureza pode ser cultivada, menos de 1%”, enfatiza Lewinsohn. “A base do conhe-

cimento no qual devemos investir é a biogeografia das bactérias, fundamental para a compreensão da real extensão da diversidade bacteriana; das funções desempenhadas pelas bactérias nos ecossistemas; e para a identificação de espécies ameaçadas de extinção”.

Uma das hipóteses em discussão no universo das bactérias é a pos-

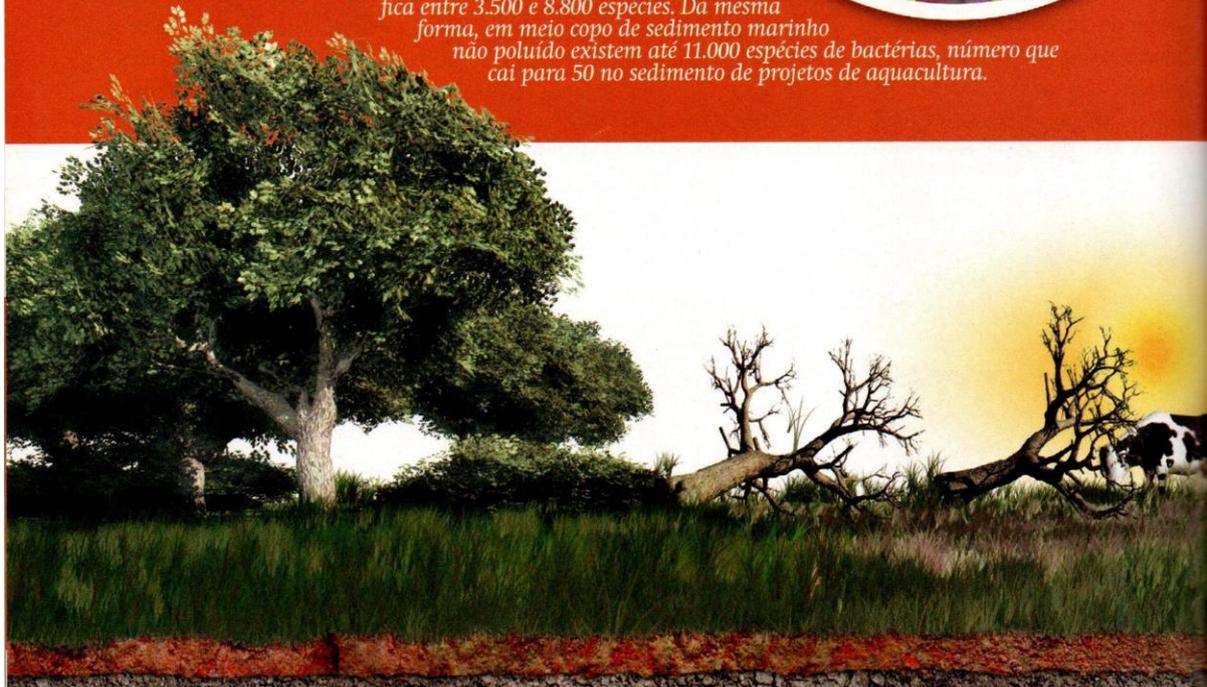


BIODIVERSIDADE FLUTUANTE

52

As características de cada ambiente determinam a diversidade de bactérias e as alterações ambientais podem causar flutuações dramáticas no número de espécies.

Em meio copo de solo de uma floresta preservada existem cerca de 6.000 espécies distintas. Se a floresta for derrubada e o solo cultivado, esse número cai para 35 espécies, enquanto numa pastagem fica entre 3.500 e 8.800 espécies. Da mesma forma, em meio copo de sedimento marinho não poluído existem até 11.000 espécies de bactérias, número que cai para 50 no sedimento de projetos de aquacultura.



sibilidade de elas apresentarem grande diversidade local, mas pouca diversidade regional ou mesmo global, justamente o oposto das plantas e animais.

Assim, as bactérias presentes nas folhas da Mata Atlântica podem ser diferentes entre cada árvore, mas talvez pertençam às mesmas espécies – ou aos mesmos gêneros – encontradas em florestas da Malásia, do outro lado do mundo.

Semelhanças entre microorganismos oriundos de locais muito distantes já foram constatadas, por exemplo, entre

Bactérias aquáticas sintetizam cristais magnéticos, orientando-se com tais 'bússolas'

bactérias magnetotáticas, um tipo muito especial de organismo multicelular, em forma de esfera, encontrado em sedimentos de ambientes aquáticos, colunas d'água e solos alagados. Em geral, essas bactérias habitam a zona de transição entre ambientes com e sem oxigênio e, para se orientarem, mantendo-se no local ideal, são capazes de sintetizar cris-

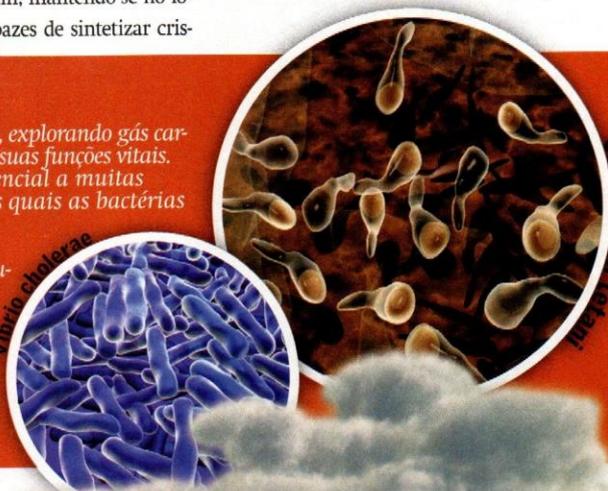
tais magnéticos a partir do ferro. Ou seja, elas produzem suas próprias 'bússolas'.

"Microorganismos semelhantes aos encontrados na Lagoa Rodrigo de Freitas, no Rio de Janeiro, já foram observados em sedimentos na América do Norte e Europa. Apesar de terem sido encontrados em locais distintos, os estudos apontam semelhanças em relação à morfologia e movimentação", explica Ulysses Lins, do Instituto de Microbiologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Não há

ADAPTAÇÃO E RESISTÊNCIA

Existem bactérias capazes de viver com ou sem oxigênio, explorando gás carbônico, hidrogênio, enxofre ou nitrogênio para realizar suas funções vitais. A capacidade de fixar nitrogênio, em especial, é essencial a muitas plantas – inclusive cultivadas, como a soja – com as quais as bactérias mantêm relações de simbiose.

Muitas espécies de bactérias permanecem no solo durante meses ou anos, na forma de esporos, resistindo ao frio, à seca, à falta de condições ambientais ideais. Basta sair o sol, ou chover, ou as condições voltarem a ser ideais para elas recuperarem a capacidade vegetativa e proliferarem rapidamente.



certeza, todavia, quanto a serem ou não as mesmas espécies, pois "até hoje, essas formas multicelulares não foram cultivadas e os estudos desses microrganismos são feitos a partir do isolamento direto de amostras do ambiente".

A equipe da UFRJ trabalha na caracterização de bactérias magnetotáticas, considerada tão complexa que boa parte delas recebe um nome provisório, iniciado pela palavra *Candidatus*. Recentemente, Ulysses Lins descreveu uma espécie capaz de viver em águas salinas, em condições extremamente hostis à vida, batizada *Candidatus Magnetotaxis*.

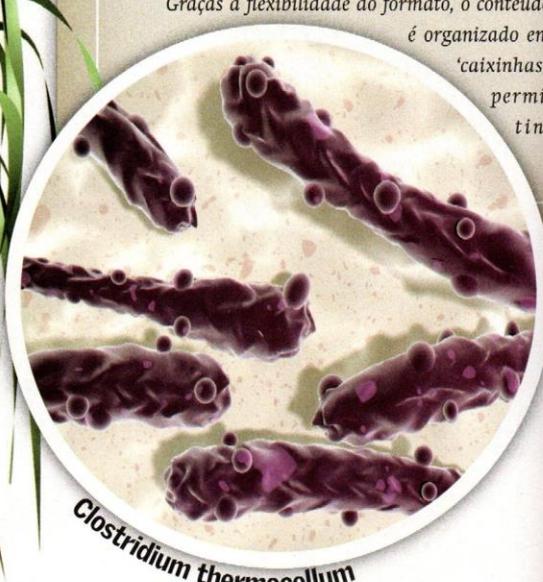


Um livro em hipertexto

Pensado e construído para uma leitura educativa e lúdica, o compilivro é uma invenção do pesquisador Michel Launois que procura aplicar o conceito de hipertexto da Internet a uma publicação impressa. Os dois grandes diferenciais são o formato e a organização do conteúdo.

O compilivro é um longo pedaço de papel dobrado de maneira a permitir tanto a leitura tradicional, página por página, como a exposição na forma de pôster, ou ainda a combinação de uma página do início ao lado de uma página do fim, pela simples mudança na forma como ele é desdobrado e dobrado novamente.

Graças à flexibilidade do formato, o conteúdo é organizado em 'caixinhas', permitindo



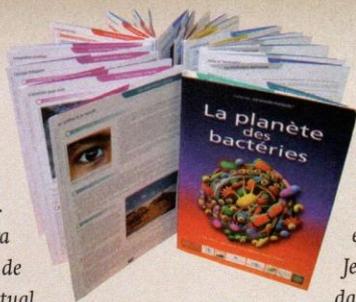
Clostridium thermocellum

NOVOS PROCESSOS E MATERIAIS

Numerosas espécies de bactérias já trabalham para o homem em biorreatores industriais. A produção de etanol, por exemplo, depende da fermentação do açúcar contido na cana, feita por bactérias como *Clostridium thermocellum*. A conversão de melaço de cana em bioplástico também não existiria sem a eficiência da bactéria *Burkholderia sacchari*, isolada do solo de canaviais paulistas.

do a compreensão mesmo quando se abre a publicação no meio para ler um único trecho. Também procura resumir o que de melhor e mais atual se conhece sobre cada tema, misturando produção científica com saberes tradicionais e os apresentando em linguagem clara e acessível a diversos públicos, um trabalho de fôlego, executado, no caso das bactérias, por Georgette Charbonnier.

Para montar a complexa 'arquitetura' desse tipo de publicação Michel Launois conta com a colaboração de Géraldine Laveissière. Eles já produziram outros compilivros sobre o avestruz, o dromedário e a mosca tsé-tsé. E há pro-



jetos futuros para animais brasileiros, como o tatu.

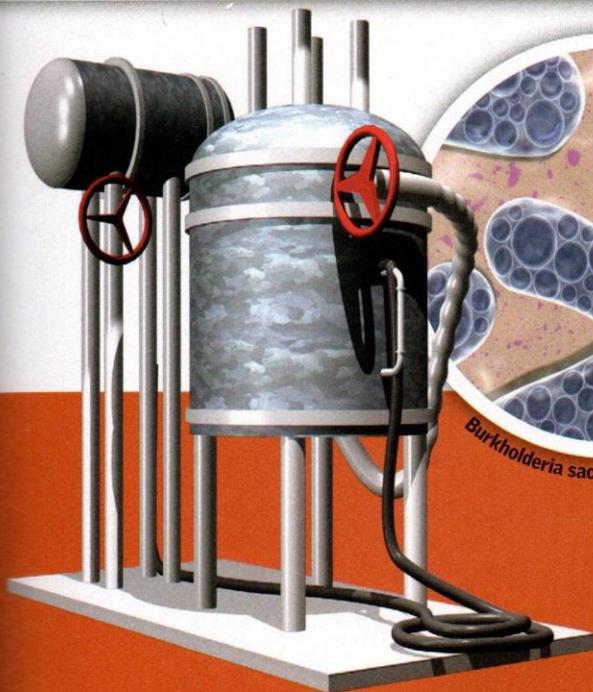
O compilivro Planeta das Bactérias foi efusivamente elogiado pelo geólogo Jean Dercourt, professor da Universidade Pierre

e Marie Curie, em Paris, e secretário perpétuo da Academia de Ciências da França: "A extrema originalidade salta aos olhos. Os autores vão à essência: a vida na Terra é essencialmente bacteriana e nela se encontra a diversidade e a discussão sobre sua diversidade".

ONDE ENCONTRAR:

O compilivro *La planète des bactéries - Ce petit monde qui nous gouverne*, por enquanto disponível somente em francês, pode ser adquirido pelo e-mail espace.idees@cirad.fr. A edição contou com apoio, aqui no Brasil, da Embrapa Monitoramento por Satélite e do Projeto Amigos da Biodiversidade. O contato com os autores também pode ser feito por correio eletrônico: Michel Launois - michel.launois@cirad.fr e Georgette Charbonnier - georgette.charbonnier@cirad.fr

toglobus multicellularis (reproduzida na ilustração da página 49). Segundo ele, "algumas aplicações em biotecnologia já foram propostas para os pequenos cristais magnéticos que elas produzem, contudo nenhuma ainda está comercialmente disponível". Outros exemplos de tecnologias 'emprestadas' das bactérias existem às centenas, algumas já transformadas em produtos, outras não. Mas a potencialidade de descobertas no universo das bactérias é de tal ordem que permite concordar com os franceses Georgette Charbonnier e Michel Launois, quando declaram: "As bactérias inventaram todos os processos químicos e bioquímicos essenciais à vida dos organismos. Elas estabeleceram os fundamentos das leis e das regras de uma vida comunitária. Elas são mestres das mudanças genéticas que as permitem se adaptarem rapidamente a todos os meios e todas as condições. Sua superioridade metabólica é inigualável. Com frequência, aquilo que acreditamos ser uma inovação tecnológica não é senão uma imitação de uma invenção já conhecida das bactérias".



Burkholderia sacchari

