

O Agro e o Planeta das Bactérias. Por Evaristo de Miranda

📅 04/05/2026 ⌚ 17:28



Depósito de bactérias na coleção de microrganismos da Embrapa Agrobiologia. Unidade: Embrapa Agrobiologia
Foto: Aline V. de Macedo

É impossível eliminar as bactérias. Elas serão dominantes até o fim do sol e do mundo.

Stephen Jay Gould

Um mundo microbiano

A agropecuária está imersa em um oceano de organismos invisíveis. Nas últimas décadas, o uso de microrganismos na agricultura se estendeu ao controle de pragas e doenças, à melhoria da saúde das plantas e animais, à fertilidade e à estruturação biológica dos solos. O Brasil é líder no desenvolvimento e uso de bioinsumos, dada a sinergia entre pesquisa, indústria e agricultores (Rev. Oeste, **Ed. 308**). O êxito do agro é definido nas raízes: da microbiota do solo ao intestino dos animais domésticos.

A Terra tem 4,6 bilhões de anos. A vida surgiu há mais de 4 bilhões de anos, com a formação de oceanos e primeiros continentes. Por mais de dois bilhões de anos, as únicas formas de vida foram dois grandes grupos de microrganismos unicelulares: **bactérias e arqueas**, presentes até hoje, nos cultivos e no corpo humano.

As diferenças entre bactérias e arqueas são bioquímicas e estruturais. Bactérias possuem paredes celulares com peptidoglicano, ausente nas arqueas. As arqueas possuem uma enzima RNA polimerase mais complexa, semelhante à dos eucariotos, enquanto bactérias têm uma forma mais simples. Em ambos os microrganismos, o DNA ou seu patrimônio genético não está protegido por uma membrana. São células sem núcleo diferenciado.



Bactérias e arqueas são estimadas em até um trilhão de espécies. O total de indivíduos é colossal: 5×10^{30} , ou 50 trilhões de vezes as estrelas no Universo conhecido. Ou 150 quintilhões (10^{18}) de vezes os humanos no planeta.

A Terra é o planeta dos micróbios, bactérias e arqueas. Menos de 50.000 espécies desse trilhão estimado foram identificadas. O mundo microbiano é *biodiversidade oculta*: 99,999% dos microrganismos são desconhecidos. Isso convoca os humanos e sua ciência à humildade.

Carbono orgânico

A vida está estruturada em moléculas de carbono. O primeiro desafio da vida e dos microrganismos foi captar CO_2 da atmosfera para produzir moléculas orgânicas, essenciais à vida. *Durante dois bilhões de anos, essa síntese do carbono foi realizada por bactérias e arqueas, sem utilizar a luz solar.*

A energia química para a síntese do carbono orgânico era dada pela oxidação de compostos inorgânicos (enxofre, ferro, hidrogênio ou amônia). Não havia fotossíntese, como em algas e plantas. Até hoje existem vias bioquímicas na natureza para sintetizar carbono orgânico, onde não há luz solar. São seis vias conhecidas, cruciais para microrganismos produzirem matéria orgânica no fundo do mar, em fontes hidrotermais, solos e subsolos.

As cinco vias bioquímicas principais de fixação de carbono, sem recorrer à fotossíntese, são: a Via Redutiva do Acetil-CoA, uma das mais antigas, em ambientes sem oxigênio; o Ciclo Redutivo do Ácido Tricarboxílico; o ciclo de 3-hidroxiacetil-CoA; o Ciclo de 3-hidroxiacetil-CoA/4-hidroxiacetil-CoA e a do Ciclo Dicarboxilato/4-hidroxiacetil-CoA.

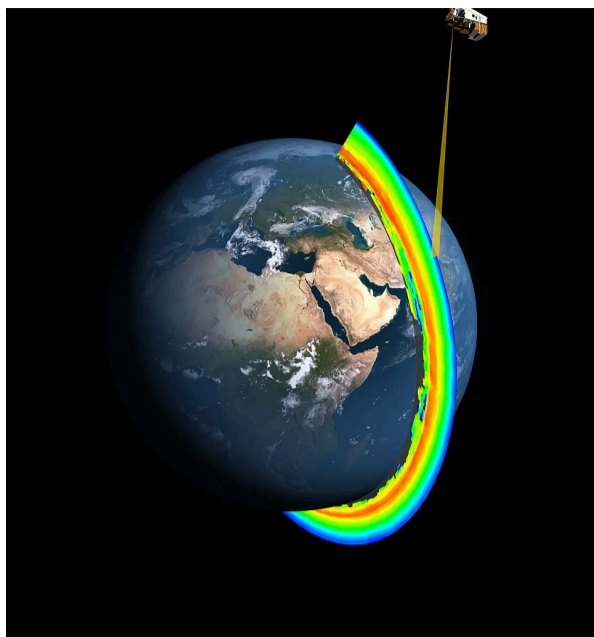
A fotossíntese em ausência de oxigênio foi a primeira a surgir. Bactérias primitivas, como hoje as sulfurosas roxas e verdes, utilizavam a luz e não produziam oxigênio, empregando doadores de elétrons como o sulfeto de hidrogênio. O surgimento da fotossíntese *oxigênica* foi bem posterior.

A revolução do oxigênio

A fotossíntese clássica segue o Ciclo de Calvin-Benson-Bassham, e surgiu com as **cianobactérias** (antes chamadas algas azuis). Elas usaram a água como doadora de elétrons e começaram a liberar o oxigênio como subproduto. A produção constante de oxigênio pelas cianobactérias tornou-se massiva e alterou drasticamente a atmosfera (de redutora para oxidante), e a vida no planeta (declínio de formas anaeróbicas e aumento de aeróbicas). Foi o Evento da Grande Oxigenação (**Great Oxidation Event – GOE**).

Com isso, houve a formação da camada protetora de ozônio e a redução na incidência de radiação solar de alta intensidade. Microrganismos adaptados a um ambiente rico em raios ultravioletas, por exemplo, cederam lugar a outros, mais sensíveis às radiações. Foi uma enorme transformação de toda a ecologia terrestre. *Dizem: os humanos são a primeira espécie capaz de alterar o planeta.* Mentira, sonho de onipotência e ofensa às cianobactérias.

Por bilhões de anos, sucessivos tapetes de cianobactérias capturaram sedimentos e precipitaram carbonato de cálcio, em camadas. Em ambientes salinos e aquáticos rasos, elas formaram **estromatólitos** análogos ao processo dos corais. Algumas dessas estruturas biosedimentares têm



Uma seção transversal da camada de ozônio da Terra.jpg Foto: Wikimedia Commons

sobretudo, em ambientes hipersalinos. Dois locais famosos são a Hamelin Pool (Austrália) e Stocking Island (Bahamas). No Brasil, há estromatólitos ativos na **Lagoa Salgada (RJ)** e fósseis na Serra do Lenheiro (MG), em Várzea Nova (BA), em Santa Rosa do Viterbo (SP) e outros.

Tapetes microbianos, comunidades densas e estruturadas de espessura variável, formavam **ecossistemas altamente sofisticados**. Eles foram como grandes “florestas primordiais” da Terra. Após 1,5 bilhão de anos de bactérias e arqueas no planeta, surgiu um novo microrganismo unicelular: os **eucariotos**. Foi um dos maiores eventos evolutivos da vida na Terra.

Humanos e todos os seus cultivos e criações na agropecuária são eucariotos. Surgiram da fusão entre arqueas e bactérias. Células incorporaram outras.

A invenção da célula complexa

A célula eucariótica é mais complexa comparada às bactérias e às arqueas. Ela possui um núcleo verdadeiro, protegido por uma membrana nuclear e diversas organelas membranosas complexas. Diferenciam-se de bactérias e arqueas por sua organização celular interna compartimentada.

Fósseis de **células eucariotas**, como da alga *Grypania*, são datados de 2,1 bilhões de anos. O consenso científico situa o surgimento dos eucariotos há 1,9 bilhões de anos, associado à Grande Oxigenação. O oxigênio acumulado na atmosfera trouxe energia às formas de vida mais complexas.

Animais e plantas só se diversificaram há cerca de 500 milhões de anos ou ontem, em escala do tempo planetário. Por quase 4 bilhões de anos, o mundo foi só microbiano. Deu tempo de eles evoluírem e aprenderem muito. Muito.

A fixação de CO₂ é um processo central nos ecossistemas. Após produtores primários fixarem o carbono, surgiu outra diversificação para decompor e utilizar essa matéria orgânica produzida. Microrganismos garantem os ciclos biogeoquímicos: produzem e reciclam matéria orgânica nos ecossistemas e na agricultura. Gerenciá-los é decisivo no agro moderno.

Esses ciclos não dependem só de plantas ou animais. Já existiam muito antes de sua chegada ao planeta. Animais e plantas “não sabem fazer muita coisa”, comparados à diversidade metabólica muito superior dos micróbios. Basta lembrar: o oxigênio atmosférico, do qual o homem precisa 13 vezes por minuto, resulta do acúmulo de um resíduo da fotossíntese microbiana.

Plantas eucarióticas e algas herdaram a capacidade de realizar fotossíntese através da absorção de uma cianobactéria ancestral, por **endossimbiose**. Um endossimbionte é um organismo capaz de viver dentro das células de outro. Como bactérias fixadoras de nitrogênio vivem nas raízes da soja e do feijão, e cujo estudo rendeu, em 2025, à pesquisadora da Embrapa, Mariângela Hungria da Cunha, o “prêmio Nobel” da Agricultura, o *World Food Prize*.



formas de vegetação da Terra. As mitocôndrias são organelas onde ocorre a respiração aeróbica. Bactérias não as possuem. Essa fonte de energia celular se originou bem mais tarde de endossimbiontes ancestrais, **alfaproteobactérias**, como as **bactérias púrpuras**.

Bactérias e arqueas tornaram viável a evolução dos seres pluricelulares, de minúsculos invertebrados até os maiores vertebrados. Um corpo humano adulto médio tem uma quantidade quase equilibrada de **células humanas e bactérias**: de 30 a 37 trilhões de células humanas e cerca de 38 trilhões de bactérias. Dessas, 70% ou mais ficam no intestino, essenciais à digestão e à saúde. Apesar do número, o peso total das bactérias é cerca de 200 gramas.

O agro invisível

Os microrganismos mostram como forças seletivas moldaram a vida no passado e funcionam hoje. Isso pode ser datado, medido e usado. Crescem pesquisas da Embrapa, universidades e empresas do agro com bactérias fixadoras de nitrogênio, solubilizadoras de nutrientes ou, produtoras de moléculas orgânicas etc.

No agro, essa produção de agentes biológicos é crucial à estruturação do solo, ao aumento da retenção de água, à nutrição da microbiota, à fertilidade e à decomposição. Trabalhos do Grupo Associado de **Agricultura Sustentável**; dos Programas de **Plantio Direto na Palha** e **Programa Yamakawa**, entre outros, são exemplares. O manejo da microbiota é uma das fronteiras mais promissoras da agricultura tropical. E orienta novos estudos sobre a microbiota dos solos, da água e até dos intestinos humanos e animais.

Bactérias foram descobertas apenas há cerca de 350 anos, por Leeuwenhoek. A pesquisa agropecuária dá os primeiros passos nessa realidade invisível e essencial ao sucesso da produção de alimentos, fibras e energia. *O Brasil é líder mundial na pesquisa e no uso de microrganismos na agricultura.* Como escreveu Antoine de Saint Exupéry, em "O Pequeno Príncipe": *o essencial é invisível aos olhos*. Na agropecuária, isso não é metáfora. É realidade mensurável e decisiva.



Evaristo de Miranda é ex-pesquisador da Embrapa, doutor em Ecologia e membro da Academia Nacional de Agricultura da SNA

Artigo publicado na Edição 320 da Revista Oeste, gentilmente cedido pelo autor à SNA

Facebook

Twitter

LinkedIn

WhatsApp

ÚLTIMAS NOTÍCIAS

Artigos



Notícias do Agro

Ovos: Cotações atingem menor patamar para abril em quatro anos

Sociedade Nacional de Agricultura Faculdade SNA Digital

Av. General Justo 171 – 3º e 7º andares
Centro – Rio de Janeiro (RJ)
CEP: 20021-130
+55 (21) 3231-6350

Campus Educacional e Ambiental SNA

Avenida Brasil 9727
Penha – Rio de Janeiro (RJ)
CEP: 21012-351
+55 (21) 3977-9979



Envie-nos uma mensagem

INSTITUCIONAL

[Sobre a SNA](#)

[Diretoria da SNA](#)

[Academia Nacional de Agricultura](#)

EDUCAÇÃO

[SNA Digital – EAD](#)

[Campus Educacional](#)

PUBLICAÇÕES DA SNA

[A Lavoura](#)

[Animal Business](#)

[CI Orgânicos](#)

[Boletim SNA](#)

CONTEÚDO

[Destaques da SNA](#)

[Notícias do agro](#)

[Artigos](#)



[Código de Ética](#)

[Política de Governança](#)

[Política de Privacidade.](#)

© Copyright Sociedade Nacional de Agricultura 2023. Todos os direitos reservados.