

## ciência



Sistema de simulação climática, do Laboratório de Mudanças Climáticas da USP Carlos Martinez/Divulgação/FFCLRP/USP

# Pesquisa usa bactérias para neutralizar efeitos de altas temperaturas em pasto

Estudo simulou condições futuras no planeta, incluindo aumento de 2°C, e foi conduzido em laboratório da USP em Ribeirão Preto

Danielle Castro

**RIBEIRÃO PRETO** Pesquisadores brasileiros conseguiram usar bactérias para neutralizar possíveis efeitos negativos do aquecimento global em plantas forrageiras, um avanço que pode impactar o futuro da agropecuária no Brasil.

O estudo, realizado no campus da USP em Ribeirão Preto (a 313 km da cidade de São Paulo), simulou condições futuras de aumento de temperatura e avaliou a resposta de gramíneas antes e depois da inoculação com as bactérias *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens*.

Liderada pelo professor Carlos Alberto Martinez, do Departamento de Biologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, a pesquisa foi publicada em março no periódico *Science of the Total Environment*. O modelo tomou como base a possibilidade de um aumento de até 2°C na temperatura do planeta, um cenário que ultrapassaria a meta preferencial do Acordo de Paris, de 1,5°C e que tem probabilidade de ocorrer.

“Os resultados de dez anos de pesquisa indicam que um dos principais efeitos do aumento da temperatura e da deficiência hídrica será a redução na produção e na qualidade das pastagens, que se tornará menos proteica, mais fibrosa e, portanto, de digestão mais demorada”, afirma Martinez. O alimento nessas condições, diz o docente, exige que o gado consuma mais alimento para atingir o peso de abate, resultando em elevação dos custos de produção e das emissões de metano por esses animais.

O Laboratório de Mudanças Cli-

máticas construído na USP é voltado para o agro e foi montado em 2011 com plantas denominadas Trop-T-FACE. O espaço simula efeitos do aumento do CO<sub>2</sub>, de temperatura e menor oferta de água em forrageiras gramíneas e leguminosas utilizadas na pecuária brasileira. Em uma área plantada a céu aberto, o desenvolvimento da semente é influenciado e monitorado com equipamentos de ponta, como o LI-6800 (para avaliar a fotossíntese) e o LI-1800 (voltado à respiração do solo).

“Pretendemos gerar uma base científica para um melhor manejo das pastagens e contribuir com Agricultura de Baixo Carbono, recuperação de pastagens degradadas, a fixação biológica de nitrogênio, a integração lavoura-pecuária-floresta e a adaptação às mudanças climáticas”, diz Martinez. Sistemas similares ao Trop-T-FACE existem nos Estados Unidos, mas a abordagem da USP, segundo o docente, é pioneira no Brasil. O projeto teve financiamento de entidades como Fapesp, CNPq, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação e Agência Nacional de Águas.

O uso de bactérias promotoras de crescimento vegetal como biofertilizantes em culturas de leguminosas como a soja, feijão, entre outras, é uma prática já bastante utilizada na agricultura brasileira. “No entanto, o uso de inoculantes para pastagens e culturas de gramíneas como o milho, sorgo, cana de açúcar é algo emergente dentro do sistema de produção dessas culturas”, diz Martinez.

Promotoras do crescimento de plantas, as bactérias avaliadas pela USP atenuaram os impactos

negativos do aquecimento sobre a fotossíntese e também no crescimento e no valor nutricional no pasto típico da pecuária brasileira. O estudo avaliou uma planta híbrida chamada *Brachiaria mavuno*, amplamente usada na pecuária. Os exemplares inoculados com as bactérias foram expostos a um ambiente até 2°C mais quentes e mantiveram taxas fotossintéticas 15% maiores, além de apresentarem 38% a mais de proteína bruta, tanto em estação seca quanto na chuvosa.

Contribuíram ainda para melhor digestibilidade, com redução de até 22% na lignina —componente que dificulta a absorção de nutrientes pelo gado. Os equipamentos de ponta do laboratório permitiram monitorar respostas fisiológicas em tempo real.

A publicação dos resultados indica que, em condições de seca, as plantas inoculadas recuperaram a fotossíntese em menos de 24 horas após a reidratação.

A Wolf Sementes desenvolveu a *B. mavuno*, híbrido com rebrote mais rápido e mais resistente às mudanças climáticas e ao estresse hídrico. Embora representem menos de 5% do mercado, a empresa afirma que esses modelos são vitais para a pecuária sustentável e para o futuro no campo.

O custo de aquisição da semente é mais alto, em torno de 50%, mas a empresa defende que utilizar cultivares melhores compensa financeiramente no médio e longo prazo. “A semente melhorada se paga com a produtividade ao reduzir tempo de abate e diminuir o risco de perdas por questões climáticas”, afirma Alex Wolf, CEO da empresa.

## Conway criou os números surreais

Criação veio a partir do interesse do matemático no jogo oriental Go

Marcelo Viana

Diretor-geral do Instituto de Matemática Pura e Aplicada, ganhador do Prêmio Louis D., do Institut de France

Conheci John Conway (1937 - 2020) pessoalmente em Lisboa em 2004. Estávamos dando cursos num encontro de estudantes portugueses promovido pela Fundação Calouste Gulbenkian. Um dia, no jantar, parabeneizei-o pela palestra plenária que dera dez anos antes no Congresso Internacional de Matemáticos de Zurique, a apresentação mais divertida que eu já assisti em qualquer tema.

Para meu choque, Conway explicou que um par de meses antes tentara o suicídio: “Aquela palestra foi a primeira coisa que fiz depois de sair da clínica. Decidi que divertir-me era tudo o que importava”. A revelação foi constrangedora, mas me ensinou algo sobre um dos personagens mais ricos que a comunidade matemática já teve.

Por volta de 1970, Conway estava interessado no jogo oriental Go e percebeu que para descrever os diferentes casos de finais de partida (“endgame”) seria útil introduzir um certo tipo de código, que o amigo Donald Knuth chamou “números surreais”, em livrinho que publicou em 1974.

“No princípio era o vazio e Conway começou a criar números”, explica Knuth, em estilo bíblico. “E Conway disse: ‘Que haja duas regras que darão origem a todos os números, grandes e pequenos. A primeira regra será que cada número corresponde a um par de conjuntos de números previamente criados, tais que todo elemento do conjunto da esquerda é menor do que qualquer elemento do conjunto da direita.’ E Conway viu que essa regra era boa.”

O primeiro número foi criado usando o conjunto vazio {} tanto na esquerda como na direita: ele foi representado por ({} , {}) e foi chamado “o” (zero). E esse foi o dia zero. E no dia seguinte Conway criou dois números, ({} , {}) e ({} , {}), e ele os chamou “1” (um) e “-1” (menos um). E assim gerou sucessivamente todos os inteiros: ({} , {}) = 2, ({} , {-1}) = -2, ({} , {}) = 3, ...; e todas as frações: ({} , {} ) = 1/2, ({} , {} ) = -1/2, ({} , {} ) = 1/4, ...; e, a partir delas, todos os números irracionais.

Até aí é mera recriação dos números (reais) conhecidos.

Mas o ponto é que a regra de Conway produz muitos outros números, inteiramente novos. Por exemplo, ({} , {} ) é um número surreal maior do que todos os inteiros, o que não existe entre os reais. Poderíamos chamá-lo “∞” (infinito), mas entre os surreais há muitos infinitos diferentes, todos os que Georg Cantor definiu. Então, precisamos de nomes distintos para eles: este aqui é chamado “ω” (omega).

Também existem surreais infinitamente pequenos, tais como ({} , {} ), que é chamado “ε” (epsilon): ele é maior do que zero, mas menor do que todos os números reais positivos. Os infinitamente pequenos remontam à Grécia antiga e foram muito usados informalmente nos primórdios do cálculo por Leibniz e outros. Mas sempre foram vistos com suspeita porque não existem (entre os reais) números maiores do que zero e menores do que todos os positivos. Ao incorporá-los nos surreais, Conway permitiu justificar rigorosamente esses antigos argumentos informais.

“E a segunda regra do Conway, ele esqueceu?”

Fica para a semana que vem, querida leitora: ainda falta explicar por que os surreais merecem ser chamados de números.