

## Sensor sem fio monitora solo em tempo real

Acompanhamento contínuo do terreno fornece dados valiosos para melhorar a irrigação e o manejo agrícola. Técnica praticamente elimina a defasagem entre a coleta de informações e a chegada da análise aos produtores

» RAFAELA LEITE\*

Pesquisadores da Universidade de Purdue, nos Estados Unidos, desenvolveram o sistema Harvest, que utiliza sensores sem fios ou baterias para monitorar o subsolo agrícola de forma rápida e precisa, captando informações sobre umidade e salinidade, conforme apresentado em um estudo publicado na revista *Nature Communications*.

O método funciona com pequenas sondas de fibra de vidro cravadas no solo, que não precisam de energia própria. Elas são ativadas apenas quando um drone sobrevoa a área, emitindo sinais de radiofrequência que penetram no terreno. Esses sinais interagem com a água e os minerais presentes, alterando o campo eletromagnético local. As sondas captam essas mudanças e enviam as informações de volta ao drone, que processa os dados.

Com isso, é possível avaliar a camada entre 15 e 20 centímetros de profundidade, justamente onde as raízes absorvem água e nutrientes. Segundo os autores do estudo, o sistema foi testado durante uma safra completa de milho em uma área experimental da universidade, mostrando que consegue acompanhar continuamente o solo e fornecer dados valiosos para otimizar irrigação e manejo agrícola.

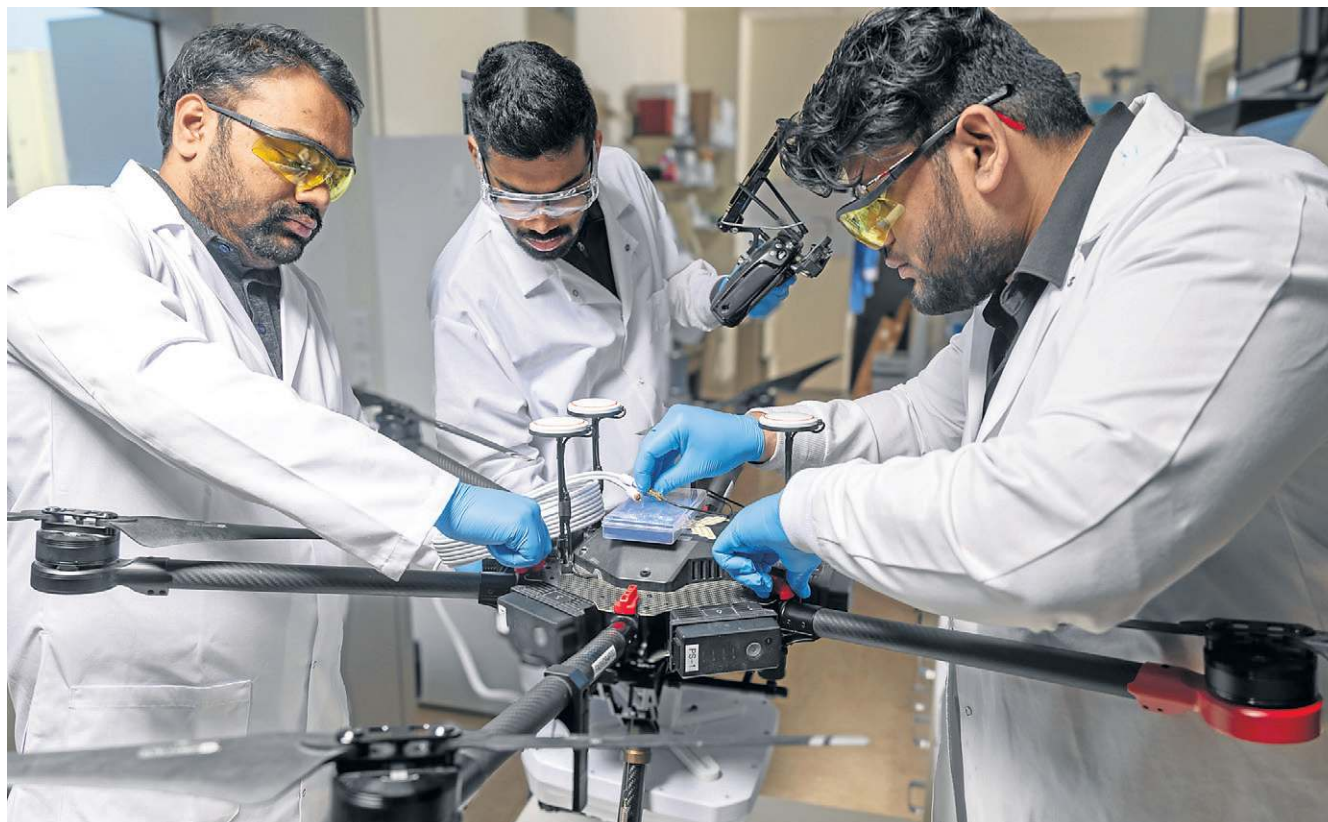
### Benefícios

Para o engenheiro agrônomo Gustavo Castoldi, o grande diferencial do novo dispositivo está na oferta de dados em tempo real. "Os métodos tradicionais fornecem apenas um recorte pontual do solo, uma fotografia daquele momento", explica. Além disso, muitas dessas técnicas exigem mais tempo para processamento e análise, tornando a informação defasada quando chega ao produtor.

Sensores capazes de fornecer leituras instantâneas permitem decisões mais rápidas e precisas. "Eles ajudam a detectar situações de estresse de forma precoce, o que é extremamente valioso para o manejo", ressalta Castoldi. Outro benefício relevante é a geração de séries históricas de dados, essenciais para ferramentas de inteligência artificial e para o desenvolvimento de modelos preditivos. Em resumo, a tecnologia oferece monitoramento em tempo real, detecção antecipada de problemas, maior precisão e base histórica para análises preditivas.

Alessandro Samuel Rosa, professor da Universidade Federal Tecnológica do Paraná (UTFPR), apoiado pelo Instituto Serrapilheira, destaca a inovação do sistema sob o ponto de vista da engenharia. Ao eliminar baterias e processadores no campo, o método propõe uma solução elegante para mapear a umidade volumétrica e a condutividade elétrica, com hardware de baixo custo, exceto pelo drone. Segundo ele, isso possibilita espalhar centenas de sensores

Purdue University photo/Kevin Crisp



Pesquisadores da Universidade Purdue criaram sistema com drones que melhora muito o monitoramento da saúde do solo

### Palavra de especialista

#### Outra realidade

*"Apesar do brilhantismo do projeto, minha avaliação técnica é que ainda há um longo caminho para que essa tecnologia se prove viável fora de cenários controlados, especialmente na nossa realidade agrícola tropical. A física do rádio não vence a física da biomassa: em lavouras adensadas típicas do Brasil, como cana-de-açúcar, café ou mesmo trigo e soja, a 'parede' de vegetação bloquearia ou distorceria severamente o sinal, impedindo a leitura pelo drone que precisa 'ver' a antena do sensor na superfície do solo. Além disso, a dimensão da antena na superfície é incompatível*

*com o espaçamento de plantio de muitas culturas e também o tráfego de maquinário, e o monitoramento raso de apenas 20cm ignora a dinâmica profunda de água dos nossos Latossolos e Argissolos. Por fim, o modelo esconde o alto custo do drone e o risco de transformar o solo em um depósito de lixo eletrônico descartável a cada safra. É uma prova de conceito muito inteligente mesmo, mas que exige profunda adaptação antes de se tornar uma ferramenta útil no chão de fábrica para a agricultura brasileira."*

**Alessandro Samuel-Rosa**, professor da Universidade Federal Tecnológica do Paraná (UTFPR) apoiado pelo Instituto Serrapilheira

pela lavoura, criando mapas detalhados da variabilidade do solo, algo inviável economicamente com a coleta manual tradicional, que é destrutiva, lenta e cara.

No entanto, Rosa ressalta que sensores e análises laboratoriais fornecem informações diferentes. O sensor mede sinais físicos do solo, enquanto o laboratório oferece dados precisos sobre a condição real. Assim, para informações químicas e biológicas, como pH, fósforo, potássio, matéria orgânica e atividade enzimática, a análise laboratorial ainda é indispensável. A

tecnologia atual, portanto, funciona como indicador de variabilidade, sem substituir completamente os métodos tradicionais, embora possa evoluir para superar essas limitações no futuro.

### Impactos na produção

O monitoramento detalhado da água no solo contribui para reduzir desperdícios de fertilizantes e defensivos agrícolas. Com informações precisas sobre a umidade, é possível ajustar a irrigação e evitar a lixiviação,

processo em que o excesso de água carrega nutrientes para camadas mais profundas. "Quando você aplica água em excesso, os nutrientes podem se perder no perfil do solo", explica Castoldi. Fertilizantes nitrogenados, como a ureia, têm eficiência diretamente relacionada à umidade, e o mesmo se aplica a certos herbicidas, cuja eficácia depende do momento correto de aplicação.

Além disso, o sensor pode aumentar a produtividade. Com múltiplos sensores distribuídos pela lavoura, o manejo se torna mais preciso e localizado. "Quando você tem vários sensores espalhados, consegue gerir água e nutrientes de forma muito mais assertiva", afirma Castoldi. Esse acompanhamento detalhado favorece a uniformidade da lavoura, melhora o aproveitamento dos insumos e, consequentemente, eleva a produtividade.

Ele alerta, porém, que a implementação exige investimento significativo e infraestrutura digital adequada, incluindo conectividade rural, integração com máquinas agrícolas e profissionais capacitados para interpretar os dados. "Não é apenas um desafio tecnológico, mas também operacional e, muitas vezes, cultural, especialmente no Brasil", acrescenta.

### Limitações e futuro

Rosa enfatiza que a tecnologia, sozinha, não garante aumento de produtividade. Sua eficácia depende da qualidade das decisões agrônomicas com base nos dados. Embora permita identificar áreas de

### Para saber mais

#### Alerta para sustentabilidade

*Para o professor Alessandro Samuel Rosa, é preciso cautela ao associar sustentabilidade a tecnologias descartáveis como esse sensor. Segundo ele, se a estratégia para economizar água gerar um passivo ambiental com milhares de sensores de fibra de vidro e cobre deixados no solo ou descartados a cada ciclo, haverá apenas a substituição do desperdício de insumos pela poluição por resíduos tecnológicos. "A sustentabilidade agrônoma exige soluções que sejam não apenas eficientes no uso de recursos, mas também duráveis e quimicamente inócuas ao sistema produtivo no longo prazo. Pensar em toda a cadeia e na circulação dos produtos é condição essencial para que a inovação represente, de fato, um avanço ambiental e econômico", avalia.*

## MEDICINA DE PRECISÃO

### IA detecta sinais precoces de diabetes no pâncreas

Pesquisadores do Centro Alemão de Pesquisa em Diabetes, em parceria com cientistas internacionais, desenvolveram uma tecnologia capaz de identificar alterações sutis no pâncreas associadas ao diabetes tipo 2. A ferramenta combina imagens microscópicas de alta resolução, modelos de aprendizado profundo e inteligência artificial explicável, diferenciando com precisão amostras de indivíduos com e sem a doença e indicando quais estruturas celulares estão relacionadas à progressão do quadro.

O estudo, publicado na revista *Nature Communications*, utilizou um amplo banco de imagens de lâminas pancreáticas de doadores vivos, obtidas com colorações cromogênicas, que destacam diferentes tipos de células, e imunofluorescência multiplex, capaz de visualizar múltiplas proteínas simultaneamente. Com esses dados, os cientistas treinaram modelos de aprendizado profundo para identificar padrões complexos impossíveis de detectar manualmente.

### Transparência

Edson Hideki, sócio-fundador da REVIO, plataforma de automação e governança de dados contábeis e fiscais, afirma que a IA explicável, também conhecida como XAI (Explainable Artificial Intelligence), é a inteligência artificial capaz de demonstrar os motivos que a levaram a determinada conclusão. "Diferentemente de sistemas que apenas apresentam uma resposta objetiva, a IA explicável se aprofunda e revela o caminho percorrido até chegar ao resultado, apresentando o 'porquê' por trás da análise. Esse nível de transparência aumenta a confiança no sistema, justamente porque deixa claro o embasamento e o raciocínio utilizados."

Freepik



Inteligência artificial pode antecipar sinais de diabetes tipo 2

A IA explicável mostra quais regiões e estruturas do tecido estão associadas à doença, transformando essas informações em biomarcadores quantificáveis, ou seja, medidas objetivas do risco ou evolução do diabetes.

O sistema apresentou melhor desempenho ao analisar diferentes componentes do tecido juntos: ilhotas pancreáticas, responsáveis pela produção de insulina e glucagon; axônios neuronais, que transmitem sinais dentro do pâncreas; e alterações estruturais

discretas, como aumento de células de gordura e redução do tamanho das ilhotas.

### Inovação

"Essas alterações ajudam a explicar o diabetes tipo 2, porque indicam que a disfunção não é apenas metabólica e sistêmica, mas também estrutural", afirma o médico integrativo Wandyk Allison. "Mas o que esse estudo mostra é que há uma reorganização estrutural microscópica do pâncreas, muito antes de alterações dramáticas serem visíveis ao microscópio tradicional", completa.

Para Allison, o grande diferencial da tecnologia está na IA explicável, que transforma padrões detectados em informações interpretáveis, relacionando o remodelamento microestrutural do pâncreas à secreção de insulina e à disfunção metabólica. Embora ainda dependa de amostras invasivas, o método abre caminho para o desenvolvimento de biomarcadores sanguíneos, exames de imagem mais precisos e uma melhor estratificação do risco metabólico. "Para quem trabalha com medicina de precisão, isso reforça algo importante: a diabetes começa na microarquitetura antes de começar na glicemia", conclui o médico. (Rafaela Leite)