

Pinguins viram "SENSORES VIVOS"

Um pinguim-de-magalhães adulto posa com seu filhote durante a época de reprodução na Argentina

Cientistas transformam pinguins-de-magalhães em ajudantes para rastrear poluentes químicos. Com pequenas anilhas de silicone atadas nas patas, os animais agem como monitores passivos enquanto circulam em busca de alimentos

» ROBERTA BIANCA*

Um estudo conduzido por pesquisadores da Universidade da Califórnia, Davis, e da Universidade Estadual de Nova York em Buffalo transformou pinguins da Patagônia em aliados no monitoramento ambiental. A pesquisa utilizou aves que vivem na região argentina como "sensores vivos", por meio de pequenas anilhas químicas instaladas em suas patas.

As chamadas substâncias per e polifluoroalquiladas (PFAS) — conhecidas como "químicos eternos" — são contaminantes produzidos pelo ser humano e amplamente distribuídos pelo planeta. A persistência dos poluentes no meio ambiente tem gerado preocupação crescente, enquanto métodos tradicionais de monitoramento ainda enfrentam limitações, especialmente em ambientes marinhos de difícil acesso.

Para contornar esse desafio, cientistas equiparam 54 pinguins-de-magalhães com sensores passivos de silicone durante as temporadas reprodutivas entre 2022 e 2024. As anilhas permaneceram nos animais por alguns dias, enquanto eles se deslocavam em busca de alimento para os filhotes.

Segundo o coautor correspondente do artigo, Ralph Vanstreels, o diferencial da técnica está na forma como os dados são coletados. "Estamos deixando o pinguim dizer para nós a poluição do ambiente que ele está frequentando", explica. De acordo com ele, as pulseiras absorvem substâncias químicas por contato direto com água, ar e superfícies, registrando de forma integrada a exposição ambiental ao longo do tempo.

"As pulseiras absorvem os

GISELE OLÍMPIO, professora da Universidade Federal da Bahia e membro da Academia Brasileira de Ciências.

"Os PFAS (em português, compostos per e polifluoroalquilados) são substâncias sintéticas produzidas por meio da substituição total ou parcial dos átomos de hidrogênio por flúor em uma cadeia carbônica. Isso confere à molécula elevada estabilidade química e

térmica, além de características surfactantes.

Justamente por essa alta estabilidade térmica e química, quando utilizados e descartados, esses compostos apresentam elevada persistência no ambiente, pois praticamente não reagem com outras substâncias nem sofrem processos significativos de degradação. Por essa razão, vêm sendo classificados internacionalmente como 'Forever Chemicals' (ou 'químicos eternos').

O fato de os PFAS terem sido encontrados em uma região da Patagônia distante de grandes aglomerações humanas indica que esses poluentes — que podem se apresentar nas formas líquida, sólida ou gasosa — estão distribuídos por praticamente todo o planeta. Na área científica, esse fenômeno é chamado de ubiquidade, razão pela qual os PFAS são considerados compostos ubíquos.

Outro ponto importante é que, mesmo no século 21, com todos os avanços científicos alcançados, ainda se sabe relativamente pouco sobre a dinâmica desses compostos nos diferentes compartimentos ambientais (atmosfera, hidrosfera, litosfera, criosfera, biosfera e antroposfera), bem como sobre seus possíveis efeitos ecotoxicológicos (em animais e plantas) e tóxicos (em seres humanos)."

Palavra de especialista

Estamos deixando o pinguim dizer para nós a poluição do ambiente que ele está frequentando"

Ralph Vanstreels, coautor do artigo

Fomentamos a criação de legislação adequada relativa aos PFAS, para que possamos salvar o ambiente e todos os seres vivos"

Gisele Olímpio, professora da UFBA

poluentes por contato direto, seja da atmosfera, da água do mar ou do solo. Então, quanto mais tempo o pinguim passa no mar, maior será a absorção relativa à água", detalha o pesquisador.

Riscos

Após a recuperação dos dispositivos, as amostras foram enviadas para análise na Universidade de Buffalo-Suny. Os resultados revelaram a presença de PFAS em mais de 90% das amostras, mesmo em uma região considerada remota.

Gisele Olímpio, professora da Universidade Federal da Bahia e membro da Academia Brasileira

de Ciências, comenta os riscos da exposição a substâncias per e polifluoroalquiladas (PFAS). "Os PFAS se apresentam como um potencial risco à saúde em escala planetária. Em humanos, vêm sendo associados a alterações no sistema nervoso, aumento da pressão arterial e dos níveis de colesterol, redução da imunidade, risco elevado de certos tipos de câncer e redução do peso de crianças recém-nascidas. Além disso, apresentam hepatotoxicidade e alterações nos sistemas endócrino, metabólico e reprodutor."

A professora acrescenta: "Embora a exposição ambiental aos PFAS não signifique necessariamente que os indivíduos expostos irão absorvê-los

e desenvolver problemas específicos de saúde diretamente ligados a eles — visto que a comunidade científica ainda não conseguiu estabelecer um vínculo direto e inequívoco entre exposição e efeitos —, há um potencial de risco tanto para os ecossistemas quanto para a saúde humana."

Métodos

A nova tecnologia utiliza um método de detecção eficiente e aproveita o comportamento natural dos pinguins como vantagem logística para alcançar áreas remotas. O pinguim leva a pulseira para o lugar onde ele vai viver, se alimentar e passar mais tempo. A

pulseira coleta informações sobre o ambiente em que o pinguim está, seja terrestre ou marinho.

Outro ponto da pesquisa foi garantir que os dispositivos não interferissem no comportamento dos animais. As anilhas, feitas de silicone, pesam cerca de 34 gramas e são ajustadas individualmente para cada pinguim.

Ralph Vanstreels destaca que "elas são flexíveis, leves e ajustadas para ficarem confortáveis — nem apertadas, nem frouxas. Fizemos vários testes e não observamos nenhum sinal de desconforto. Eles voltam às atividades normais e não parecem se incomodar".

O tempo de uso das anilhas

também foi cuidadosamente definido. "Viagens curtas de dois dias já são suficientes para obter dados, mas períodos entre seis e nove dias aumentam a chance de detectar mais compostos", explica Vanstreels. No entanto, ele ressalta um desafio importante: a recuperação dos dispositivos.

Segundo os pesquisadores, quanto mais tempo as anilhas permanecem nos pinguins, maiores são as chances de não serem recuperadas, já que se torna mais difícil localizar os animais. Isso representa um problema tanto pela perda de dados quanto por possíveis impactos ambientais.

Resultados

Os dados coletados indicam que a técnica pode representar um avanço significativo no monitoramento ambiental. O método permite identificar com mais precisão quando e onde ocorre a exposição a poluentes, especialmente em áreas de difícil amostragem.

Gisele Olímpio destaca a necessidade de mais pesquisas e tecnologias como a apresentada. "Somente o avanço no conhecimento pode trazer luz a essa área da ciência e, com a ampla divulgação dos estudos, fomentamos a criação de legislação adequada relativa aos PFAS, para que possamos salvar o ambiente e todos os seres vivos."

Os pesquisadores acreditam que a abordagem poderá ser aplicada no futuro para rastrear contaminação causada por derramamentos de petróleo, naufrágios e outras fontes industriais, ampliando o uso de animais como indicadores da saúde dos ecossistemas.

*Estagiária sob a supervisão de Lourenço Flores

BIOTECNOLOGIA

Novo aliado na detecção de substâncias químicas

» ROBERTA BIANCA

Pesquisadores da Universidade Estadual da Pensilvânia desenvolveram um novo transistor de efeito de campo, um dispositivo eletrônico que controla a passagem de corrente elétrica e funciona como um "interruptor" ou amplificador de sinais. Esse equipamento é essencial para detectar e transformar pequenas variações químicas em informações mensuráveis, e capaz de realizar detecções de forma responsiva e versátil, inclusive em meios líquidos, como o corpo humano.

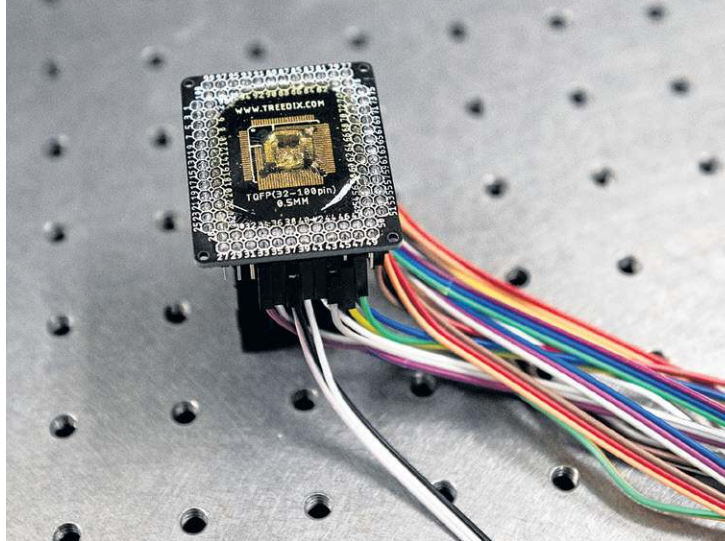
A medição precisa de marcadores biológicos, como proteínas e neurotransmissores, além de substâncias químicas nocivas presentes no abastecimento de água, pode ajudar a identificar problemas críticos antes que afetem a saúde humana e o meio ambiente. Embora já existam tecnologias voltadas ao monitoramento dessas partículas microscópicas, muitas ainda apresentam limitações, especialmente quanto à estabilidade em ambientes líquidos.

Em testes, os novos sensores demonstraram sensibilidade até 20 vezes maior na identificação de sinais químicos e biológicos, como contaminantes na água e níveis de dopamina no cérebro, em comparação a dispositivos semelhantes.

A tecnologia utiliza o grafeno, um material bidimensional altamente sensível ao ambiente, apesar de possuir apenas uma camada atômica de espessura. Tradicionalmente, biosensores desse tipo são construídos com silício, mas o uso de materiais 2D tem ganhado espaço. Um dos principais desafios dos sensores convencionais é a necessidade de ajustes constantes durante as medições, o que pode gerar instabilidade e leituras imprecisas.

Para contornar esse problema, a equipe desenvolveu, em laboratório, transistores com uma arquitetura composta por metais ultrafinos, um óxido isolante e uma camada de grafeno aplicada sobre wafers de silício — discos ultrafinos utilizados na fabricação de chips.

Jaydyn Isiminger / Penn State



Os dispositivos também foram integrados a placas de circuito personalizadas, conectadas por fios, permitindo a análise simultânea de diferentes amostras.

Aplicações diversas

De acordo com Aida Ebrahimi, professora associada de

engenharia elétrica, "os transistores não só são altamente resistentes a ruídos elétricos e deriva de sinal, mas, com as melhorias de engenharia que introduzimos, aumentamos substancialmente a sensibilidade". Ela acrescenta: "Isso torna as aplicações de sensoriamento extremamente amplas. Eles podem detectar com eficácia

A equipe criou sensores altamente resistentes

substâncias químicas e biomoléculas em baixas concentrações em aplicações na área da saúde, bem como na agricultura e no monitoramento ambiental".

Além da sensibilidade até 20 vezes maior, os sensores apresentam deriva de sinal muito menor em relação aos modelos convencionais. A tecnologia permite o monitoramento de diferentes alvos químicos e biológicos, incluindo neurotransmissores como dopamina e serotonina, a proteína inflamatória IL-6 e substâncias tóxicas persistentes na água, como os PFAS.

Segundo o médico patologista clínico Julio Cesar Lemes Macedo, a ferramenta pode ser útil em aplicações clínicas, com "estudos epidemiológicos inicialmente em populações específicas, para posteriormente avaliar estudo na população geral. Monitoramento de exposição do meio ambiente, e identificação de grupos de risco e vigilância populacional".

O uso de sensores mais responsivos para medir dopamina também pode trazer avanços importantes no diagnóstico e acompanhamento de transtornos psiquiátricos. De acordo com o especialista, biomarcadores psiquiátricos podem refletir atividades dos sistemas orgânico e nervoso em nível molecular, permitindo correlacionar desregulação biológicas com manifestações clínicas e respostas ao tratamento. Isso possibilita intervenções mais precisas e direcionadas.

Apesar do potencial, ainda há desafios para a aplicação em larga escala. Entre eles, estão a redução de custos, a produção em grande escala, a definição da melhor matriz biológica para análise — como sangue, soro ou saliva —, além da necessidade de validação rigorosa dos métodos, treinamento de profissionais e interpretação clínica adequada dos resultados.