

# Tecnologia & Inovação

12 • Correio Braziliense • Brasília, segunda-feira, 24 de novembro de 2025

Editora: Ana Paula Macedo  
anapaula.df@dfabr.com.br  
3214-1195 • 3214-1172

Formada por minúsculos "motores" que se mexem quando recebem calor ou pressão, a estrutura possibilita que os nanoequipamentos se desloquem por áreas minúsculas e de acesso difícil

## Nova "pele" permite avanço de microrrobôs

» RAFAELA LEITE

**P**esquisadores da Universidade da Califórnia, em San Diego, desenvolveram uma pele especial que ajuda robôs minúsculos a se moverem por lugares muito estreitos e frágeis, como dentro de artérias humanas ou em partes internas de motores a jato. Para criar essa tecnologia, a equipe colocou uma camada bem fina de atuadores feitos de um material chamado LCE (elastômero de cristal líquido) em pontos estratégicos da pele do robô. Esses atuadores são como pequenos motores que se mexem quando recebem calor ou pressão.

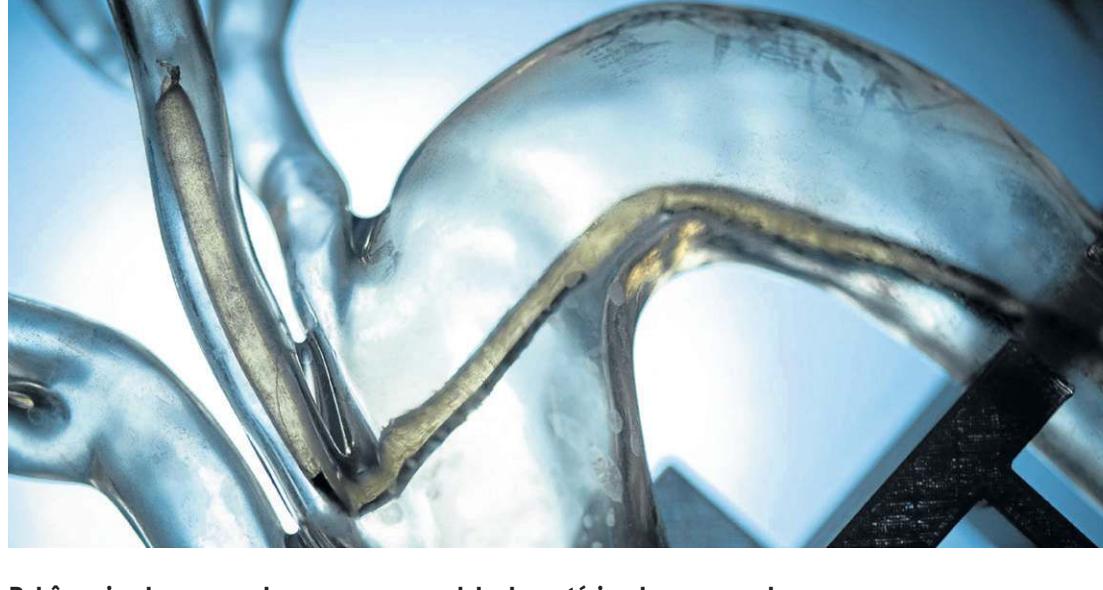
O estudo, publicado na revista *Science Advances*, mostra que o aparelho consegue se mover com muita precisão em ambientes complicados, porque seus movimentos são controlados ajustando a pressão interna e a temperatura dos atuadores. Segundo o professor de educação tecnológica Adriano Vieira, o material LCE "encolhe quando esquenta e volta ao tamanho normal quando esfria". Ele explica: "Esse processo contínuo de contração e relaxamento faz com que o robô se desloque ou se curve. É o mesmo princípio de um músculo humano: ele se contrai e relaxa, só que aqui o 'comando' vem da temperatura e da pressão interna, não de impulsos elétricos como no nosso corpo."

Pesquisador de pós-doutorado no laboratório de Morimoto, na Universidade da Califórnia em San Diego, e coautor do

### "Músculos artificiais"

Atuadores são dispositivos que transformam algum tipo de energia em movimento. Em outras palavras, são "peças que fazem os componentes se mexerem" em máquinas, robôs ou sistemas automáticos. Eles recebem um comando, elétrico, hidráulico, pneumático ou até térmico, e usam essa energia para produzir uma ação, como empurrar, puxar, girar ou dobrar algo. Um exemplo simples é o motor que abre e fecha o vidro do carro: ele recebe energia elétrica e transforma isso em movimento. Outro exemplo são sistemas que usam ar comprimido para mover braços de máquinas em fábricas. Em robótica macia ou materiais inteligentes, atuadores podem ser feitos de materiais especiais (como elastômeros de cristal líquido) que mudam de forma quando expostos à luz, calor ou eletricidade, funcionando como "músculos artificiais".

David Baillot/UC San Diego Jacobs School of Engineering



Robô equipado com a pele se move em modelo das artérias de um corpo humano

estudo, Sukjun Kim frisa: "Ao usar tanto a pressão quanto o calor, conseguimos não apenas direcionar a ponta, mas também moldar todo o formato curvo do robô". Isso permite que diferentes partes do robô se curvem de forma independente.

### Funcionamento

O robô usado na pesquisa é do tipo de eversão, ou "robô videira". Esses robôs crescem como uma trepadeira, expandindo-se de dentro para fora, como uma língua de sogra. Normalmente, robôs assim usam motores, elementos flexíveis (tendões) ou ar comprimido para se mover, mas

esses métodos não funcionam bem em robôs muito pequenos.

Para resolver isso, a equipe criou pequenos atuadores de elastômero de cristais líquidos e os integraram à pele fina e macia do robô. A pele é resistente, mas pequena e leve, o que permite miniaturizar o robô sem perder força. Kim explica: "O LCE é um material inteligente atuador que pode contrair mais de 50% do seu comprimento quando aquecido. Durante esse processo, a pele precisa ser dobrada e desdobrada, o que dificulta a integração dos atuadores nela. Nossa processo de fabricação possibilitou a criação de uma pele fina com aquecedores flexíveis embutidos, que são altamente deformáveis".

Em locais como reatores industriais ou áreas de desastre, os robôs não precisam ser tão pequenos. Kim afirma: "Em cenários como esses, robôs de eversão de maior escala estão sendo desenvolvidos e testados em campo por outros grupos de pesquisa." Para uso médico, ainda há desafios grandes, como garantir segurança e cumprir regulamentações. "Espero que possamos ver essa tecnologia sendo utilizada fora dos laboratórios dentro de 10 anos", diz o cientista.

Nos testes, o robô mostrou capacidades impressionantes: ele pode fazer curvas de mais de 100 graus e atravessar fendas menores que seu próprio diâmetro. Com

uma câmera acoplada, conseguiu explorar o interior de um motor a jato, mostrando potencial para a indústria aeroespacial. "Essa tecnologia, assim como o material LCE, ainda está distante da comercialização, mas muitos pesquisadores estão ampliando os limites do que é possível", ressalta Kim.

Ele explica ainda os desafios de testes médicos: "Nosso robô foi testado em um modelo de arco aórtico que difere significativamente do corpo humano real. No organismo, o sangue circula constantemente pelo arco, o que faz com que o atuador perca calor para o sangue. Isso cria obstáculos para alcançar alta precisão e controle do ângulo de flexão. Como solução, planejamos integrar sensores de temperatura à pele do robô, permitindo monitorar o calor do atuador e ajustar os movimentos com base nesses dados".

O próximo passo é miniaturizar ainda mais o robô e desenvolver controle remoto ou autônomo, abrindo caminho para cirurgias minimamente invasivas e procedimentos que exigem alta precisão. "Nossa pele robótica é muito mais fina e escalável do que as anteriores. Além disso, a forma como a integraremos ao design de eversão do robô é inédita", ressalta Kim. Apesar dos avanços, ainda não há colaborações diretas com a indústria. "Mas estamos abertos a parcerias! Já registramos uma patente para essa tecnologia", afirma o cientista.

Estagiária sob supervisão de Lourenço Flores

### Três perguntas para

CARLOS WATANABE, MÉDICO UROLOGISTA E COORDENADOR DE PROGRAMA DE CIRURGIA ROBÓTICA EM UROLOGIA

**Quais são os principais benefícios que você observa no uso da robótica em cirurgias urológicas, especialmente em procedimentos como prostectomia ou nefrectomia?**

A robótica permite com que possamos fazer cirurgias mais precisas e com menor desgaste físico. A visão 3D, a ergonomia, a possibilidade de controlar câmera e três braços cirúrgicos permitem que o bom cirurgião faça cirurgias ainda melhores. Costumo comparar o robô a carros de Fórmula 1 modernos. Os melhores pilotos podem fazer corridas ainda melhores do que anos atrás. Na minha área, isso permite maior preservação funcional do paciente. Hoje, um paciente submetido à prostectomia robótica pode receber alta em um

dia e retornar a uma vida praticamente normal em um mês ou menos.

**O que mudou na sua prática médica após a adoção da cirurgia robótica?**

Acredito que o que mais mudou foi a forma como eu aprendo a operar atualmente. Algo que é pouco falado para o público geral é que a cirurgia robótica permite que possamos aprender mais rápido. Como as cirurgias são gravadas e há muitas ferramentas para avaliar o nosso desempenho, para o cirurgião que quer aprender mais há possibilidade de avaliar seus resultados.

Hoje é possível fazer contato com colegas de todo mundo, ver vídeos de grandes cirurgiões e fazer demonstração para colegas de todo o mundo, coisa que no passado você

tinha que viajar e ver presencialmente. A robótica trouxe aumento da longevidade do cirurgião, mais conforto e ergonomia, permitindo realizar procedimentos mais longos e complexos com mais eficiência.

O Brasil é hoje uma referência em cirurgia robótica na América Latina, com cirurgiões altamente capacitados não apenas no eixo Rio-São Paulo, mas também em capitais do Nordeste e do Centro-Oeste. Brasília, inclusive, é atualmente a cidade com o maior número de robôs por mil habitantes no país, o que mostra a força da especialidade na região.

**O pesquisador afirma que ainda faltam colaborações com a indústria. Você acredita que a indústria da saúde no Brasil está preparada**



(ou disposta) para investir em inovações como essa?

Nós ainda vemos que o Brasil, e na verdade a América Latina como um todo, têm uma grande defasagem em relação a outros países no campo da colaboração entre medicina e indústria. Na Europa, por exemplo, países como Espanha, França e Bélgica estão fortemente envolvidos no desenvolvimento e aperfeiçoamento

de plataformas robóticas, além de investirem muito no treinamento médico.

Na Ásia há um cenário mais avançado, com plataformas sendo desenvolvidas na Coreia do Sul, na China e no Japão. A China, em especial, consolidou-se como um grande centro de inovação em robótica cirúrgica. Aqui no Brasil, por outro lado, nós temos cirurgiões altamente qualificados, mas ainda faltam incentivos estruturais para o desenvolvimento tecnológico, principalmente na área da engenharia e programação aplicada à saúde.

Muitas das nossas melhores mentes acabam indo trabalhar fora do país, o que mostra que o potencial existe, o que falta é criar um ecossistema de incentivo e parceria real entre universidades, hospitais e indústria nacional, capaz de reter esse talento e gerar inovação local.

### PERIGO INVISÍVEL

## Drone mede gases do efeito estufa

» ÁLVARO AUGUSTO

Estações de tratamento de esgoto são grandes geradoras de gases responsáveis pelo efeito estufa. Materia orgânica em decomposição, alta concentração de poluentes e o próprio processo químico para tratar os resíduos formam cenário perfeito para a liberação de metano, gás muito perigoso ao meio ambiente.

A ONU e os cientistas do clima sabem disso há tempos, e o IPCC — sinala em inglês do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, o órgão das Nações Unidas que define os parâmetros de emissões globais de poluentes — tinha definido as quantidades estimadas de metano produzido nas estações de esgoto.

A questão é que o valor calculado pelo IPCC se baseia apenas no número de casas ligadas a cada central de tratamento de água; a partir dessa demanda, os cientistas

estimam o total de gases gerado. A conta, entretanto, não considera atualizações no processo, como mudanças nas técnicas de processamento. Por isso, os números da liberação de metano ficam sempre constantes (e não necessariamente acurados), caso não haja medição mais precisa e presencial.

Pesquisadores da Universidade de Linköping, na Suécia, decidiram enfrentar a situação. Criaram um drone, muito avançado, capaz de medir o que as estações de esgoto jogam no ar, apenas com um sobrevoo.

O aparelho, cuja tecnologia foi defendida na revista científica *Environmental Science of Technology*, fez medições reais e trouxe ao menos duas grandes novidades sobre o tema.

Os suecos descobriram que a quantidade real de metano liberado é cerca de duas vezes e meia maior do que o IPCC previa. Além disso, os sensores comprovaram que

o óxido nitroso, superpoluente, também é gerado em grandes volumes nas estações de tratamento, algo que os cientistas não sabiam até então. Para se ter uma ideia, uma tonelada de óxido nitroso impacta 300 vezes mais o planeta do que a mesma quantidade de CO<sub>2</sub>, o mais "famoso" gás ligado ao efeito estufa.

**Voo ecológico**

O drone desenvolvido na Suécia foi feito sob medida para carregar sensores especiais, capazes de detectar as quantidades de metano e óxido nitroso liberadas nas centrais de esgoto. A ONU estima que somente essa atividade de limpeza da água seja responsável por emitir 5% do total produzido desses dois gases pela humanidade. Ao todo, o estudo sobrevoou 12 estações de tratamento suecas para fazer as medições.

Os autores explicam que o metano e o óxido nitroso são gerados durante o processamento do lodo orgânico que se acumula nas águas do esgoto. Para tratar o resíduo, aplica-se a técnica da "digestão anaeróbica", que é o uso de microrganismos vivos para decompõr a matéria orgânica, que, no caso, é o lodo.

Essa digestão é feita num ambiente sem oxigênio, por isso "anaeróbica", e gera produtos secundários a partir da matéria orgânica da água, como, por exemplo, uma espécie de fertilizante. Por conta desse adubo, o lodo precisa ficar um tempo armazenado nas estações, para ser tratado e estar pronto para uso. A digestão, por si só, emite metano e óxido nitroso, mas é durante esse período de armazenamento que a liberação dos gases é maior.

**Estagiário sob supervisão de Lourenço Flores**

### » Tecnologia brasileira

Na Universidade de Brasília (UnB), projetos tecnológicos usam sistemas de drones semelhantes ao trabalho sueco. Por meio de robótica autônoma, o Departamento de Ciências da Computação e a Faculdade de Tecnologia já utilizam os UAVs (veículos aéreos não tripulados, os drones) em várias áreas. Uma das aplicações práticas desses aparelhos tem sido sobrevoar regiões de difícil acesso e catalogar novas espécies de plantas e árvores, especialmente em zonas de preservação ambiental. Além disso, equipes universitárias focadas em criar novas tecnologias automatizadas também atuam na capital federal. Membro de uma delas, a "Droid", Lucca Aguilar é pesquisador em visão computacional e explica que diversos conceitos são aplicados pelos grupos. "A gente cria técnicas que integram inteligência artificial, sensores, algoritmos de controle e inovação para tornar esses sistemas cada vez mais eficientes e autônomos; isso é feito, inclusive, em âmbito de exposições e competições", detalha ele. O pesquisador acrescenta, ainda, que outros setores também já trabalham com esse tipo de aparelho. Segundo ele, o Banco do Brasil, por exemplo, usa drones para fiscalização fundiária. "Eles servem para averiguar e checar informações, como tamanho real de terrenos, qualidade da produção agrícola e facilitar o processo burocrático", explica Lucca.



Arquivo pessoal/Lucca Aguilar