

# Robôs para acelerar exploração espacial

Explorador semiautônomo criado em universidade suíça promete tornar mais simples e ágil a busca por informações científicas em superfícies de alvos de missões fora da Terra. Equipamento robótico também seria bem mais barato

» ROBERTA BIANCA

Uma iniciativa liderada pela ex-doutoranda da Universidade de Basileia, na Suíça, Gabriela Ligeza propõe um explorador robótico semiautônomo capaz de ampliar o alcance das missões espaciais. A solução busca superar as limitações dos veículos atuais, projetados para operar com cautela e eficiência em terrenos perigosos e, por isso, restritos a pequenas áreas, percorrendo apenas algumas centenas de metros por dia e coletando dados pouco diversos. Com o novo sistema, seria possível identificar múltiplos alvos e obter informações sem intervenção humana constante.

Os resultados indicam que robôs equipados com instrumentos compactos podem acelerar significativamente a prospecção de recursos e a busca por “bioassinaturas” na superfície planetária. Em vez de investigar uma única rocha sob supervisão contínua, o robô pode se deslocar até múltiplos alvos e realizar medições de forma autônoma em cada ponto.

A questão central da pesquisa foi avaliar se um robô equipado com uma carga científica simples poderia estudar rapidamente diversos alvos, ao mesmo tempo em que forneceria resultados cientificamente relevantes. Os resultados demonstraram que instrumentos relativamente compactos são suficientes para atingir esse objetivo: identificar rochas relevantes tanto para a astrobiologia quanto para a exploração de recursos.

## Testes de campo

Para testar o conceito, foi utilizado o robô quadrúpede ANYmal, equipado com um braço robótico que carrega dois instrumentos: o imageador microscópico Micro — dispositivo acoplado a um microscópio para capturar imagens — e um espectrômetro Raman portátil, utilizado para a identificação imediata de substâncias químicas.

Os experimentos foram realizados na instalação Marslabor, da Universidade de Basel, que simula condições de superfície planetária por meio de rochas análogas, materiais de regolito — camada de material solto — e iluminação controlada. O robô aproximou-se automaticamente dos alvos selecionados, posicionou os instrumentos com o braço robótico e retornou imagens e espectros para análise.

O sistema identificou com sucesso diversos tipos de rochas relevantes para a exploração planetária, incluindo gesso, carbonatos,

Dr. Tomaso Bontognali.



Robô com pernas realizando testes analógicos em Marslabor, na Universidade de Basel, na Suíça

## Palavra de especialista

### Limitações significativas

*"Ainda há limitações bem sérias. A primeira é robustez operacional: autonomia em laboratório ou ambiente análogo é uma coisa; autonomia confiável em poeira abrasiva (regolito lunar é extremamente prejudicial a parte mecânicas e eletrônicas), variações extremas de temperatura, iluminação difícil, terreno instável e risco real de tombamento é outra. A segunda é energia, porque sistemas mais móveis e mais inteligentes costumam exigir*

*mais processamento e, no caso de robôs, mais consumo mecânico também. A terceira é validação, em missão espacial, errar uma decisão pode comprometer equipamento caro e irreparável. E há ainda restrições de comunicação e blackout operacional, como no polo sul lunar, onde há períodos em que o contato com a Terra pode simplesmente desaparecer. Por isso, outras tecnologias complementares têm que acompanhar a escalada tecnológica junto aos robôs. Eu diria que estamos numa zona intermediária para aplicações."*

Lucas Fonseca, engenheiro espacial

basaltos, dunito e anortosito. Muitas dessas formações possuem grande relevância científica. Rochas análogas às lunares, como o dunito (rico em olivina e óxidos) e o anortosito (que contém anortita), além de minerais como o rutilo, podem indicar recursos valiosos para futuras missões espaciais.

Foram comparadas duas abordagens operacionais: a exploração tradicional de um único alvo, guiada de perto por cientistas, e uma estratégia semiautônoma de múltiplos alvos, na qual o robô realiza medições em sequência em diferentes locais.

O especialista em tecnologia espacial

Lucas Fonseca comenta a utilidade: “Em termos práticos, isso significa cobrir mais terreno, investigar mais rochas e fazer melhor triagem científica no mesmo tempo de missão. Missão robótica é substancialmente mais barata do que missão tripulada, e escolhemos manter missões tripuladas por outros motivos além de limitações robóticas. Cada vez mais avanço tecnológico acaba resultando nessa substituição gradual de necessidade humana”.

As missões demonstraram ganhos significativos de eficiência. Operações com múltiplos alvos levaram entre 12 e 23 minutos, enquanto uma missão guiada por humanos exigiu 41 minutos para concluir análises comparáveis. Apesar do ritmo mais acelerado, o robô manteve altas taxas de sucesso científico. Em um dos testes, todos os alvos selecionados foram identificados corretamente.

Com base nesses dados, os pesquisadores concluem que essa abordagem pode permitir que futuras missões mapeiem rapidamente grandes áreas de superfície planetária. Cientistas poderiam, então, analisar os dados recebidos e selecionar locais mais promissores para investigações.

Sem depender de comandos humanos

## Para saber mais

### Análise química feita com luz

Uma das tecnologias que viabilizam esse tipo de autonomia científica é a espectroscopia Raman, utilizada no experimento. Esse método permite identificar a composição química de rochas e minerais sem a necessidade de preparo de amostras, apenas analisando como a luz interage com o material. Por ser compacto e não destrutivo, o espectrômetro Raman foi incorporado a missões espaciais recentes e é considerado uma ferramenta-chave na busca por bioassinaturas, especialmente em ambientes como Marte, onde sinais de vida podem estar preservados em minerais.

a cada etapa, robôs poderiam se deslocar pelo terreno, escalar rochas e coletar dados de forma contínua. Essa abordagem permitiria pesquisas científicas em menos tempo na superfície, ampliando significativamente a eficiência das missões.

Lucas Fonseca acrescenta: “Se o robô puder selecionar alvos, aproximar-se, posicionar instrumento e fazer medições sem esperar nova instrução da Terra, ele transforma uma operação muito fragmentada em um fluxo contínuo. Isso aumenta a chance de mapear diversidade geológica, identificar minerais de interesse para uso de recursos in situ e encontrar amostras mais promissoras para a astrobiologia”.

## Simplicidade e agilidade

À medida que agências espaciais se preparam para novas missões à Lua, a Marte e a outros destinos, esses sistemas tendem a ampliar a capacidade de exploração, permitindo cobrir áreas maiores em menos tempo e contribuindo tanto para a prospecção de recursos quanto para a busca por possíveis sinais de vida.

\* Estagiária sob a supervisão de Lourenço Flores

## DESAFIO ENERGÉTICO

# Mais armazenamento e segurança, menos perdas

Capacitores de polímeros são peças usadas em aparelhos eletrônicos para armazenar carga elétrica e filtrar ruídos em circuitos, garantindo uma energia “limpa” e estável. Essa estabilidade é importantíssima para evitar falhas em equipamentos — em muitos casos, literalmente isso faz a diferença entre a vida e a morte, como em desfibriladores médicos. Esses capacitores, contudo, têm um limite de temperatura. Os modelos atuais costumam falhar quando a temperatura fica entre 80°C e 120°C. Esse tipo de calor pode acontecer, por exemplo, perto do motor de um carro no verão, onde a temperatura chega a ultrapassar esses indicadores.

A nova tecnologia, concebida para minimizar esse problema do calor excessivo, é descrita como um “nanocompósito totalmente polimérico tridimensional”, formado pela mistura imiscível (que não se dissolve) de dois polímeros dipolares de alta temperatura. Diferentemente dos capacitores convencionais, que utilizam polímeros puros ou cargas cerâmicas inorgânicas, o novo material se auto-organiza em nanoestruturas, sem necessidade de aditivos.

De acordo com Li Li, coautor do estudo e pesquisador de pós-doutorado no Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Penn State, na Pensilvânia, o material pode armazenar até

quatro vezes mais energia que polímeros convencionais do mesmo tamanho, mantendo perdas muito baixas. E, enquanto capacitores tradicionais sofrem perdas por condução e queda na eficiência de carga e descarga, o novo material utiliza as fronteiras entre seus nanodomínios para aprisionar cargas móveis, reduzindo perdas elétricas e evitando falhas. Assim, pode operar com segurança entre 150°C e 250°C.

Edson Watanabe, professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e membro da Academia Brasileira de Ciências (ABC), explica: “Na maioria das aplicações, o que se faz é refrigerar o ambiente e eles funcionam bem. Mas, em ambientes próximos ao motor de um carro, a temperatura pode chegar a mais de 100 graus Celsius, o que era sempre um desafio. Esse novo material parece apresentar características dielétricas (isolantes) superiores às dos polímeros atuais e suporta temperaturas bem mais altas”.

## Produção

A equipe combinou dois polímeros de alta temperatura: PEI (polieterimida), amplamente utilizado na indústria, e PBPA ou Poli(borofenildiamina), conhecido pela

Qiming Zhang e equipe/Penn State



Pesquisadores desenvolveram um capacitor de polímero combinando dois plásticos baratos e disponíveis comercialmente

elevada resistência térmica e excelente isolamento elétrico.

## Desafios

Quando são misturados sob condições controladas, os materiais — que naturalmente nunca se combinam — passam por separação em nanofases e se auto-organizam em domínios microscópicos tridimensionais. O desafio foi controlar o grau ideal de imiscibilidade

para formar essa arquitetura organizada, semelhante ao processo de formação de ligas metálicas. Segundo os pesquisadores, trata-se da primeira “liga polimérica” com esse conjunto de propriedades.

Watanabe destaca que a tecnologia pode aumentar a vida útil de circuitos que operam em ambientes muito quentes, como próximos a motores, além de reduzir a necessidade de dissipadores de calor, favorecendo a miniaturização. O principal ganho, segundo ele, é a confiabilidade.

A equipe trabalha agora na otimização dos métodos de processamento para viabilizar a comercialização do filme nanocompósito de alto desempenho. Um pedido de patente foi depositado.

A expectativa é alcançar aplicações práticas nos próximos dois a três anos, especialmente em tecnologias que exigem dispositivos compactos, leves e capazes de fornecer descargas rápidas de alta energia, como veículos elétricos e sistemas de energia pulsada. (RB)