O "OLHO" das MÁQUINAS

Inspirados pela visão humana, pesquisadores desenvolveram um novo componente eletrônico para permitir que sistemas de imagem artificial adaptem sua sensibilidade à luz de forma automática

» RAFAELA LEITE

Quem já saiu de um ambiente escuro para um local muito iluminado sabe que a visão não se ajusta instantaneamente. Durante alguns segundos, a percepção fica comprometida até que os olhos se adaptem às novas condições de luminosidade. O mesmo desafio limita o desempenho de carros autônomos, robôs e outros equipamentos que dependem de câmeras para interpretar o ambiente. Por meio da visão computacional — área da inteligência artificial dedicada à interpretação de imagens —, essas máquinas reconhecem pessoas, objetos e obstáculos para orientar suas decisões.

Com o objetivo de superar essa limitação, pesquisadores da Universidade Estadual da Pensilvânia, nos Estados Unidos, desenvolveram um componente eletrônico inspirado na forma como o olho humano responde às variações de luz. A inovação permite que sistemas de visão artificial ajustem automaticamente sua sensibilidade à luminosidade, tornando o reconhecimento de imagens mais rápido e confiável. O estudo foi publicado na revista *Nature Communications*.

A peça central da pesquisa é o fotomemristor, um componente que combina, em uma única estrutura, a capacidade de detectar luz e armazenar parte das informações geradas por esse estímulo. Trata-se de uma evolução dos memristores, dispositivos eletrônicos que modificam sua resistência elétrica conforme o histórico dos sinais recebidos, preservando uma espécie de memória do que ocorreu anteriormente. No novo componente, esse comportamento passa a ser influenciado não apenas pela corrente elétrica, mas também pela intensidade da luz incidente.

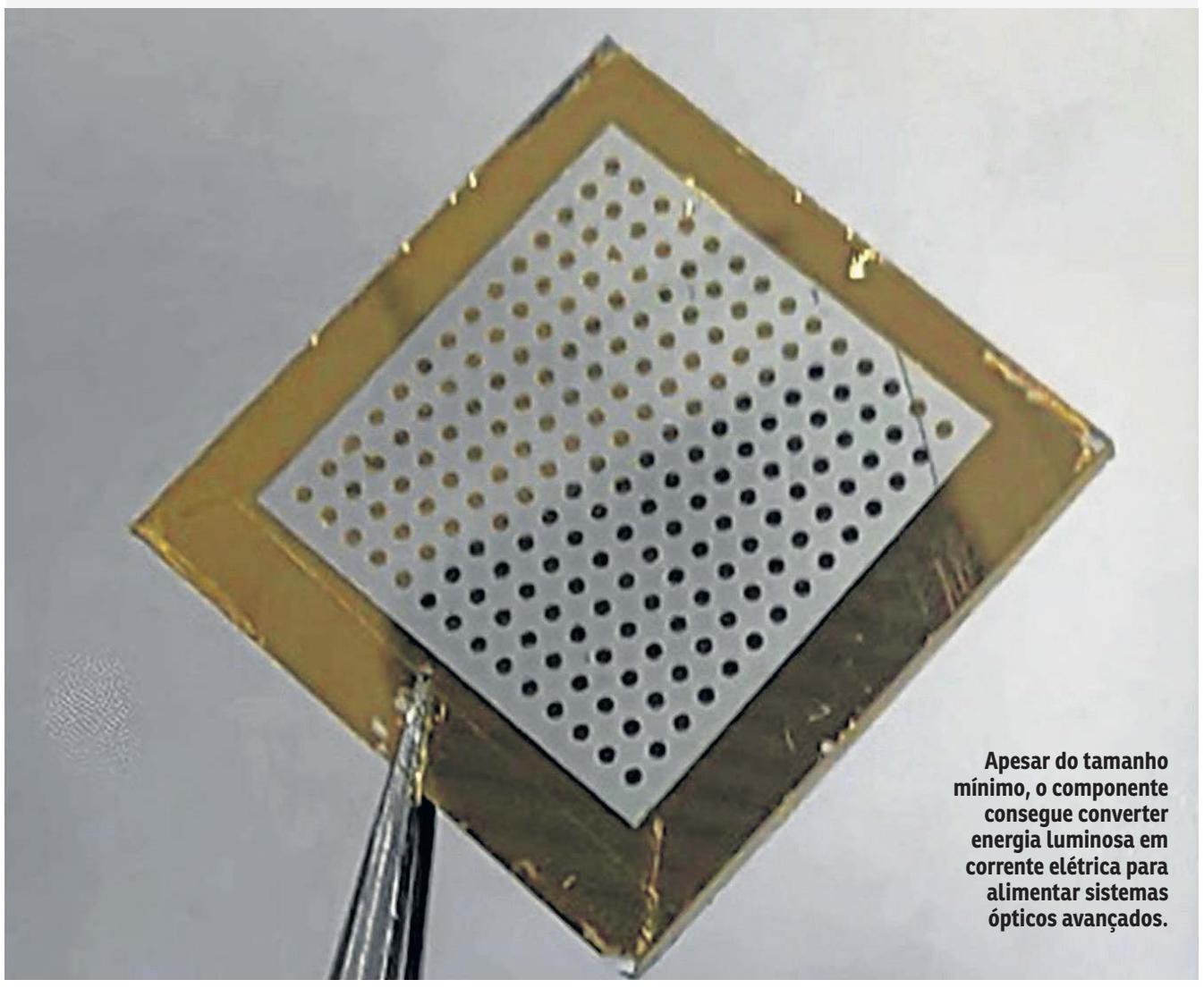
Para o físico Daniel Valente, pesquisador do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), com apoio do Instituto Serrapilheira, o diferencial está justamente nessa capacidade de integrar percepção e memória."Em vez de responder apenas ao estímulo imediato, o dispositivo também considera as experiências anteriores para ajustar seu funcionamento", explica. "Isso reduz a necessidade de processamento adicional e torna o sistema mais eficiente."

Processo

A inspiração para a tecnologia veio da própria biologia. Na retina, a adaptação à luminosidade depende da atuação conjunta de dois tipos de células: os bastonetes, especializados na visão em ambientes pouco iluminados, e os cones, responsáveis pela percepção de cores e detalhes quando há maior intensidade de luz. Ao passar subitamente do escuro para um ambiente claro, os pigmentos presentes nos bastonetes ficam temporariamente saturados e precisam de um período para se regenerar. Enquanto isso, os cones assumem a maior parte da atividade visual, permitindo que a percepção seja mantida até que o equilíbrio seja restabelecido.

Os pesquisadores procuraram reproduzir esse mecanismo em escala eletrônica. Para isso, construíram o fotomemristor a partir da combinação de dióxido de titânio, material amplamente empregado na fabricação de memristores, com o polímero condutor PEDOT:PSS.

Valente explica que, quando a luz incide sobre o dióxido de titânio, forma-se uma corrente elétrica que atravessa o PEDOT:PSS e controla a quantidade de água presente no material. Em ambientes escuros, o polímero absorve umidade do ar; sob iluminação intensa, libera parte dessa água. Essa troca modifica sua condutividade elétrica e permite que o componente ajuste continuamente sua resposta às condições de luminosidade, reproduzindo, de maneira simplificada, o comportamento adaptativo do olho humano.



Apesar do tamanho mínimo, o componente consegue converter energia luminosa em corrente elétrica para alimentar sistemas ópticos avançados.

Jia Zhu

Os experimentos demonstraram que o fotomemristor distingue diferentes níveis de iluminação com elevada precisão e mantém desempenho estável mesmo diante de variações na umidade do ambiente. Outro aspecto relevante é sua dimensão reduzida — cerca de meio milímetro —, característica que favorece a incorporação da tecnologia em dispositivos eletrônicos compactos.

Desempenho

Além disso, para avaliar seu desempenho em uma aplicação prática, a equipe conectou uma matriz formada por 16 fotomemristores a uma rede neural artificial — modelo computacional inspirado na organização do cérebro e capaz de aprender a reconhecer padrões. O sistema foi então desafiado a identificar a letra "F", formada por LEDs, sobre fundos com diferentes intensidades de iluminação.

Mesmo sob mudanças rápidas de luminosidade, a rede manteve elevada taxa de acerto no reconhecimento da imagem. Além disso, o tempo necessário para o ajuste foi significativamente menor que o observado na visão humana, cuja adaptação completa a condições extremas de luz pode levar entre 20 e 30 minutos.

As aplicações da tecnologia vão além da visão artificial. O trabalho também representa um avanço para a eletrônica neuromórfica, área dedicada ao desenvolvimento de circuitos inspirados no funcionamento do cérebro. Diferentemente da arquitetura convencional dos computadores, em que memória e processamento estão separados, os memristores reúnem essas funções em um único elemento, o que pode tornar os sistemas mais rápidos e energeticamente mais eficientes.

Segundo Valente, essa arquitetura tem potencial para reduzir o consumo de energia de aplicações baseadas em inteligência artificial, especialmente das redes neurais artificiais, aproximando seu funcionamento da extraordinária eficiência energética do cérebro humano.

A próxima etapa da pesquisa será ampliar as capacidades do componente para que ele responda não apenas à luz, mas também a estímulos táteis. De acordo com Larry Cheng, pesquisador da Universidade Estadual da Pensilvânia e coautor do estudo, a meta é desenvolver sistemas artificiais capazes de integrar diferentes modalidades sensoriais, aproximando ainda mais seu funcionamento da percepção biológica.

Estagiária sob a supervisão de Marcelo Abreu

Para saber mais

Inteligência artificial

Segundo o professor de tecnologia da faculdade Estácio José Pedro Miranda, uma rede neural artificial é um modelo de inteligência artificial inspirado, de forma simplificada, no funcionamento do cérebro humano. Ela é formada por unidades chamadas "neurônios artificiais", organizadas em camadas, que aprendem padrões a partir de exemplos. Em vez de alguém programar regra por regra, o sistema analisa muitos dados, identifica relações e passa a reconhecer padrões, classificar informações ou fazer previsões.

O professor explica que a visão computacional é uma área da inteligência artificial que permite que computadores "enxerguem" e interpretem imagens ou vídeos. Ela é usada, por exemplo, para reconhecer rostos, identificar objetos, analisar exames médicos, ler placas de veículos, detectar defeitos em produtos ou interpretar imagens captadas por câmeras.

De acordo com Miranda, na prática, as duas áreas estão muito conectadas. Redes neurais, especialmente as redes neurais profundas, são hoje uma das principais tecnologias usadas em visão computacional. Elas permitem que sistemas aprendam a identificar padrões visuais com alta precisão, desde elementos simples, como formas e cores, até características mais complexas, como pessoas, objetos, documentos e cenas inteiras. "De forma simples: a rede neural é uma técnica de aprendizado da inteligência artificial; a visão computacional é uma área de aplicação que usa essas técnicas para analisar imagens e vídeos", afirma Miranda.

Palavra de especialista

Robustez

"Se eu fosse o autor desse trabalho eu estaria radiante de orgulho! Além da beleza científica dos conceitos envolvidos e da robustez dos resultados encontrados no experimento, há imenso valor da tecnologia para a vida prática das pessoas, desde veículos e robôs autônomos a suporte para pessoas com pouca ou nenhuma visão. Eu mesmo tenho um familiar e um amigo que sofrem de diferentes formas com graves deficiências visuais. Imaginar que pessoas assim sofrerão menos no futuro como resultado de pesquisas como esta me causa alegria e esperança. Eu acredito que a inovação tecnológica inspirada por sistemas vivos seguirá como uma grande questão, uma grande mola propulsora, da física e das engenharias do século 21. Como disse o famoso matemático Stan Ulam, "não pergunte o que a física pode fazer pela biologia, mas o que a biologia pode fazer pela física". Este artigo mostra que essa perspectiva ainda tem muito a nos oferecer."

Físico Daniel Valente, *pesquisador do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), apoiado pelo Instituto Serrapilheira*

PRECISÃO

Tromba de elefante inspira braço robótico

Pesquisadores internacionais desenvolveram um braço robótico flexível que realiza movimentos complexos como: dobrar, torcer e envolver objetos utilizando poucos atuadores (músculos artificiais) por impressão 3D. Para isso, os cientistas se inspiraram nas trombas dos elefantes para criar um sistema de pele equipada com sensores, que detectam o contato. O objetivo é entender como a tromba reúne precisão e adaptabilidade na criação de máquinas mais eficientes e versáteis. Os detalhes da tecnologia foram publicados na revista científica *PNAS Nexus*.

Lucia Beccai, chefe do laboratório de Percepção em BioRobótica Flexível do Instituto Italiano de Tecnologia (IIT) em Gênova e líder do projeto Proboscis, explicou ao **Correio** que diferentes técnicas foram empregadas ao longo da investigação. "Realizamos análises histológicas por meio da preparação de amostras de secções transversais da tromba e da obtenção de imagens de alta resolução com microscópio digital. Também conduzimos a caracterização biomecânica de regiões específicas ao longo da tromba por meio de ensaios de tração, além de utilizar microscopia digital para avaliar a rugosidade superficial."

Segundo ela, a equipe também recorreu à modelagem computacional e à análise de elementos finitos para estudar a microarquitetura da pele. Os dados obtidos orientaram a criação dos componentes do robô, incluindo os músculos artificiais e os atuadores flexíveis, responsáveis por transformar energia em movimento. O conjunto resultou em um braço com quase um metro de comprimento. Fabricada com técnicas de impressão 3D, a estrutura consegue se adaptar ao formato dos objetos e distribuir a força durante a manipulação, mesmo com um número reduzido de atuadores.

Um dos principais achados foi a rigidez zonal da pele da tromba. Os pesquisadores identificaram regiões com diferentes níveis de resistência e flexibilidade. Essa característica inspirou o revestimento robótico, que também apresenta propriedades distintas ao longo da superfície: áreas mais rígidas protegem o sistema contra o desgaste, enquanto outras mais flexíveis favorecem a adaptação aos objetos.

Matteo Lo Preti e Lucia Beccai



Vista aproximada da tromba de um elefante que mostra a estrutura da pele

A equipe também estudou as papilas dérmicas, estruturas localizadas sob a pele que ampliam estímulos mecânicos e contribuem para a sensibilidade tátil. A partir delas, foram desenvolvidas estruturas geométricas capazes de concentrar forças sobre os sensores, aumentando a capacidade de detectar estímulos e protegendo os componentes eletrônicos contra impactos e desgaste. Outro princípio incorporado ao robô foi o enrijecimento seletivo da tromba. Os elefantes conseguem alterar a rigidez de diferentes regiões musculares para controlar seus movimentos sem depender de mecanismos complexos. No sistema desenvolvido, a estratégia ajuda a simplificar o controle do braço.

Modelo

Segundo Beccai, a tromba oferece dois princípios importantes para a robótica: a rigidez zonal — que contribui para a eficiência dos movimentos — e as estruturas geométricas — que aumentam a sensibilidade dos sensores. Enquanto as peles robóticas convencionais costumam apresentar propriedades uniformes, o modelo desenvolvido combina uma superfície rígida e resistente à abrasão na parte superior da estrutura com outra mais flexível e aderente na parte inferior.

"Essa combinação oferece proteção sem comprometer a capacidade de adaptação necessária para a manipulação de objetos, aumentando a eficiência por meio das propriedades passivas dos materiais, em vez de depender de sistemas complexos de controle ativo." A estrutura inspirada nas papilas dérmicas também pode tornar os sensores mais resistentes sem comprometer a sensibilidade. Beccai acrescenta que "ao ajustar o tamanho, a forma e o espaçamento dessas estruturas, os engenheiros podem potencializar seletivamente determinados estímulos, criando sensores táteis mais robustos e protegidos contra o desgaste mecânico". (**RL**)