

Computador sem ELETRICIDADE

Pesquisadores usam materiais comuns, como molas e barras de aço, para criar protótipos capazes de realizar operações lógicas. A ideia é mostrar que equipamentos podem ser alternativa aos aparelhos convencionais em ambientes adversos

» RAFAELA LEITE*

Uma equipe de pesquisadores da St. Olaf College e da Syracuse University, nos Estados Unidos, desenvolveu um computador que funciona sem necessidade de eletricidade. O equipamento utiliza molas e barras de aço para realizar cálculos simples e memória por meio de tensão mecânica. Publicado na revista *Nature Communications*, o estudo aponta que a tecnologia pode ser muito útil em ambientes extremos, como locais com altas temperaturas, radiação intensa ou expostos a substâncias corrosivas.

O professor de física Joey Paulsen, líder da pesquisa, contou ao **Correio** que a computação mecânica, em si, é uma ideia antiga, que remonta a **Charles Babbage**, no século 19. Ainda assim, o projeto desenvolvido por sua equipe nasce de motivações contemporâneas, especialmente a busca por sistemas capazes de operar com consumo baixíssimo de energia, ou até mesmo sem uma fonte externa. “Nossos rotores mecânicos coletam automaticamente toda a energia de que precisam a partir das mesmas forças que servem como entradas de informação”, afirma.

Segundo o pesquisador, uma das aplicações mais promissoras dessa tecnologia está no desenvolvimento de materiais inteligentes. “Nossos resultados representam um passo em direção ao objetivo mais amplo de projetar materiais capazes de perceber o ambiente, tomar decisões e responder a ele”, diz. A expectativa é que isso leve à criação de sistemas mais responsivos, com potencial para melhorar a vida cotidiana.

Construção

Para entender o avanço, é importante lembrar como um computador convencional funciona. De acordo com Paulsen, de modo geral, ele processa dados com base em um conjunto de instruções (códigos binários) executadas por portas lógicas construídas com semicondutores. Todo esse processo depende de uma fonte de energia — o consumo ocorre conforme as voltagens variam ao longo dos circuitos. Nos computadores mecânicos propostos pela equipe, porém, a lógica é diferente. “As forças e torques mecânicos desempenham o papel de voltagens, e a energia é obtida automaticamente a partir das forças que empurram e puxam o sistema”, explicou o pesquisador.

Segundo o estudo, essa abordagem revela uma característica central dos rotores mecânicos: a integração entre energia e informação. Ao contrário dos sistemas eletrônicos, nos

Pioneirismo das máquinas de calcular

Charles Babbage (1781-1871) foi um matemático, filósofo e polímata inglês. Inventor prolífico e economista político, tornou-se pioneiro na sinalização de faróis, projetou um quebra-mato para a frente de locomotivas, iluminação teatral multicolorida e cifras. No entanto, Babbage é mais conhecido por suas máquinas de calcular — as máquinas diferenciais e a máquina analítica —, que estão entre os ícones mais célebres da pré-história da computação. Embora nunca tenham sido construídas durante sua vida, peças experimentais, projetos de máquinas e cadernos estão em uma coleção do Science Museum, em Londres.

quais essas funções são separadas, a própria ação física, como o ato de girar uma manivela, fornece simultaneamente os dados e a energia necessários para o funcionamento. Assim, o movimento não apenas aciona o sistema, mas também sustenta o seu processamento. Os rotores, nesse contexto, armazenam dados, executam operações e se alimentam da interação do usuário.

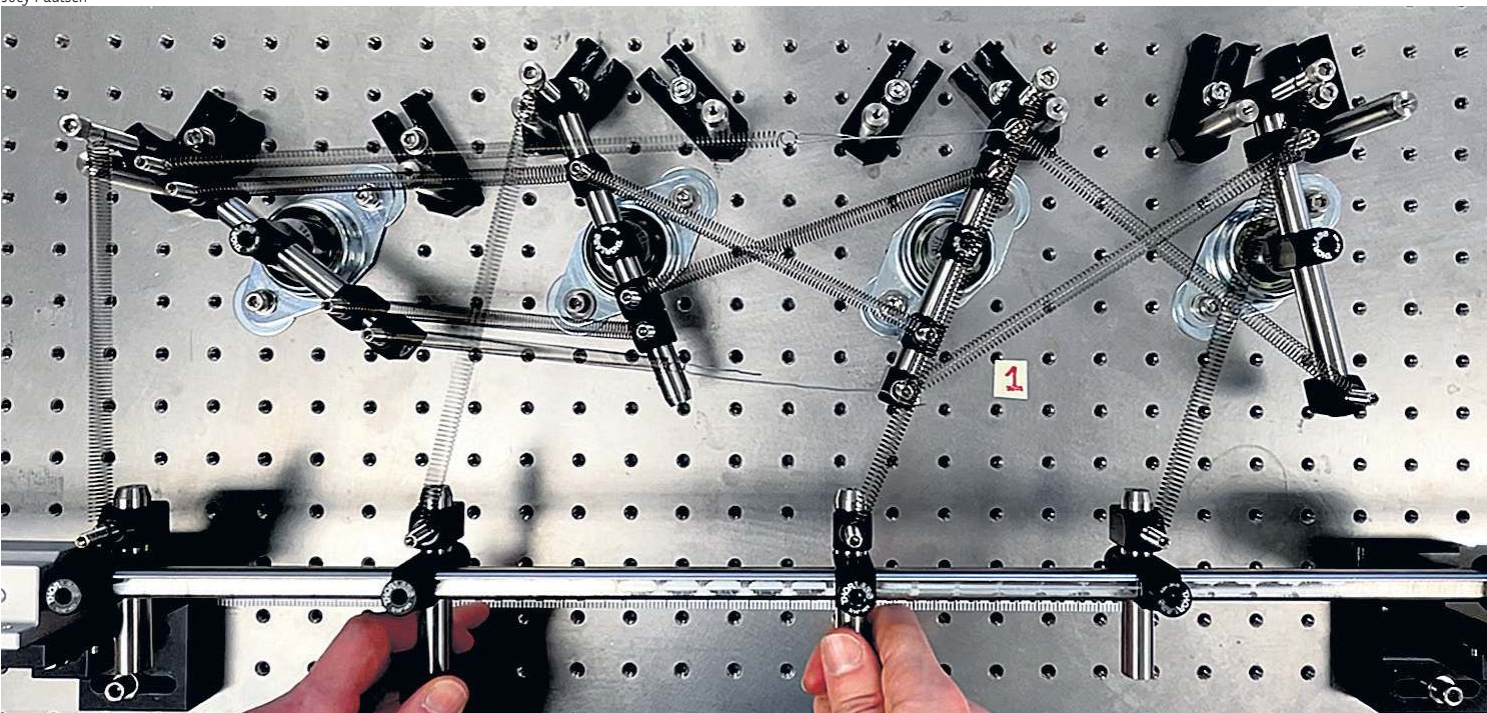
Paulsen relata que o primeiro desafio da equipe foi definir o que construir. Embora exista uma comunidade internacional dedicada ao tema, grande parte dos estudos ainda se baseia em teorias. “Quando iniciamos os experimentos com rotores mecânicos, as coisas começaram a se encaixar. Descobrimos que usar torque tem algumas propriedades interessantes: oferece um pouco mais de flexibilidade para projetar o que você deseja”, explica.

O torque (força de rotação) mostrou-se um elemento-chave. Mais do que simplesmente movimentar peças, ele pode ser ajustado em intensidade e distribuição, permitindo criar sistemas com diferentes comportamentos. Isso permite, por exemplo, projetar mecanismos que respondem de maneira distinta, dependendo da força aplicada ou da sequência de movimentos, ampliando as possibilidades de computação mecânica.

Modelos simples

Na construção dos protótipos, os cientistas optaram por materiais simples e acessíveis. A ideia parte de um princípio pouco intuitivo: muitos materiais comuns possuem uma forma de “memória”. A borracha, por exemplo, responde de maneira diferente,

Joey Paulsen



Computador feito com molas e barras de aço realiza cálculos simples e armazena dados sem precisar de eletricidade ou baterias

Trê perguntas para

Joey Paulsen, líder da pesquisa e professor associado de física do St. Olaf College

A ideia de um computador mecânico é antiga. Então, por que concentrar o trabalho nessa tecnologia?

A ideia de um computador mecânico é antiga, mas existem novas ideias sobre como construí-lo e onde ele poderia ser útil. Muitas dessas novas ideias provêm da comunidade da física da matéria mole, que tem explorado o comportamento de materiais macios quando submetidos a grandes deformações, como puxar, esticar ou torcer. O progresso na física de



materiais macios tem sido essencial para a construção de dispositivos mecânicos capazes de armazenar e processar informações.

E onde ela seria aplicada?

Quanto às aplicações, a computação mecânica pode ser uma alternativa à computação convencional em ambientes hostis — como temperaturas extremas ou ambientes químicos corrosivos —, onde um computador comum simplesmente não sobreviveria. Outro exemplo é a computação de baixo consumo de energia. Nosso projeto também não requer baterias ou eletricidade. Nossos rotores mecânicos coletam, automaticamente, a energia necessária, a partir das mesmas forças que servem como entrada de dados. Portanto, embora não pretendamos substituir os computadores

digitais convencionais, existem algumas aplicações específicas em que um computador mecânico apresenta vantagens interessantes.

Existe algum paralelo com a computação quântica?

Do ponto de vista tecnológico ou científico, não conheço paralelos com a computação quântica. Mas, em um sentido mais amplo, pode-se dizer que a computação digital baseada em transistores é relativamente madura. A computação mecânica e a computação quântica são exemplos de tendências de pesquisa atuais que estão se libertando do paradigma computacional dominante. **(RL)**

dependendo de quanto foi esticada anteriormente. Inspirados por isso, os pesquisadores buscaram criar um sistema que não apenas armazenasse informações, mas também as processasse. “O desafio foi projetar um sistema mecânico — feito apenas com barras rígidas, molas e rolamentos de baixo atrito — capaz de realizar um cálculo simples e guardar o resultado”, explica Paulsen.

Com base nessa chamada “memória mecânica”, foram desenvolvidos três protótipos. O primeiro funciona como um contador, registrando quantas vezes foi acionado. O segundo identifica se o número de movimentos é par ou ímpar. O terceiro consegue classificar a intensidade de uma força aplicada, distinguindo entre níveis

médios e altos, mostra o estudo. Esses exemplos mostram que, nesses sistemas, a própria matéria participa ativamente do processamento. Molas armazenam energia como deformação, enquanto rotores registram estados por meio de suas posições. O torque, por sua vez, regula como essa energia circula pelo sistema. Dessa forma, memória, energia e processamento deixam de ser elementos separados e passam a formar um conjunto integrado. De acordo com o pesquisador, um dos protótipos mais ilustrativos é o contador mecânico. Ele é composto por barras giratórias conectadas por molas, cada uma com dois estados possíveis — semelhantes aos bits “0” e “1” da computação digital. Um

eixo metálico é movimentado para a esquerda e para a direita, em ciclos, fazendo com que as barras mudem de estado progressivamente. Assim, é possível registrar quantos ciclos foram realizados. O modelo construído conta até três, mas o princípio pode ser expandido para números maiores, aumentando o número de componentes.

Perspectivas

O trabalho está em evolução. De acordo com Paulsen, uma equipe de estudantes investiga como rotores interagem entre si e como essas interações podem ser influenciadas por outros elementos do sistema. “Os alunos trabalharam, em duplas, em duas questões de pesquisa:

uma dupla investigou como o estado de um rotor afeta sua interação com um segundo rotor, enquanto a segunda dupla investigou se a interação entre dois rotores poderia ser influenciada por um terceiro rotor.” A equipe acabou descobrindo que essa interação ocorre de fato. Os resultados ajudam a entender os limites físicos de qualquer máquina que possa ser construída dentro do espaço de projeto que o grupo criou, de acordo com o professor. “No futuro, essa abordagem pode contribuir para o desenvolvimento de próteses mais sensíveis ou superfícies capazes de responder ao toque”, conclui.

*** Estagiária sobre a supervisão de Marcelo Abreu**

GENES ANCESTRAIS

IA revolucionaria genética na leitura do DNA

Pesquisadores da Universidade de Oregon, nos Estados Unidos, desenvolveram uma ferramenta de inteligência artificial capaz de interpretar o código genético de forma semelhante à leitura de textos por modelos de linguagem, como o ChatGPT. A tecnologia permitindo rastrear a ancestralidade de genes com mais rapidez e eficiência. A inovação representa um avanço significativo para a genética populacional e pode ajudar a esclarecer a origem de características biológicas e da resistência a doenças. De acordo com o estudo, publicado na revista científica *Proceedings of the National Academy of Sciences*, o modelo computacional analisa o genoma em busca de padrões de mutação e consegue estimar quando pares de genes compartilharam um

ancestral comum pela última vez. Segundo Andrew Kern, biólogo computacional da instituição, trata-se do primeiro modelo de linguagem aplicado especificamente à genética populacional. Ele destacou a ferramenta como uma alternativa mais ágil e flexível em comparação aos métodos estatísticos tradicionais. A proposta parte da ideia de que o DNA funciona como uma linguagem, formada por combinações de quatro letras — A, T, C e G. Segundo os autores da pesquisa, nesse “texto biológico”, as mutações são como erros que se acumulam ao longo do tempo e deixam pistas sobre a evolução das espécies. Ao identificar esses padrões, a inteligência artificial consegue reconstruir relações ancestrais e estimar quando determinadas características surgiram.

Padrão-ouro

Embora os métodos matemáticos clássicos ainda sejam considerados o “padrão-ouro”, eles podem ser lentos e apresentar limitações ao lidar com grandes volumes de dados ou sequências incompletas. Para superar esses desafios, os pesquisadores adaptaram o modelo GPT-2, originalmente usado em processamento de linguagem natural, e o treinaram com simulações de evolução genética em diferentes espécies, como bactérias, roedores, mosquitos e primatas. Com isso, o sistema passou a reconhecer padrões de mutação de forma eficiente, sem precisar analisar cada alteração individualmente durante o processamento. Nos testes, o desempenho foi comparável

ao das técnicas mais modernas, com a vantagem de reduzir drasticamente o tempo de análise — de horas ou dias para poucos minutos. Além da velocidade, a ferramenta se destaca pela capacidade de trabalhar com dados genéticos incompletos, uma limitação comum em pesquisas biológicas. A característica é especialmente relevante em estudos sobre mosquitos transmissores da malária, nos quais Kern investiga a evolução da resistência a inseticidas. Segundo o pesquisador, compreender quando esses genes surgiram pode ser fundamental para desenvolver novas estratégias de controle da doença. Diante do avanço da resistência em diversas populações de mosquitos, a nova abordagem surge em um

Freepik



Ferramenta interpreta genoma humano como se fosse a um ChatGPT

momento considerado crítico. Ao permitir a reconstrução mais rápida da história evolutiva desses organismos, a inteligência artificial pode contribuir diretamente para a saúde pública. Para os próximos passos, os pesquisadores pretendem ampliar o modelo para reconstruir árvores

genealógicas mais complexas, envolvendo múltiplas linhagens ao mesmo tempo. A expectativa é que a aplicação de técnicas de aprendizado de máquina abra novas possibilidades na biologia evolutiva, aproximando áreas que, até então, eram pouco exploradas em conjunto. **(RL)**