

» RAFAELA LEITE*

Uma técnica inovadora que transforma fibras naturais de seda em um material altamente resistente, usando apenas calor e pressão, foi desenvolvida por pesquisadores da Universidade de Tufts, nos Estados Unidos. O método, publicado na revista *Nature*, dispensa solventes químicos ou aditivos sintéticos e preserva a estrutura original da seda. O resultado é um compósito sustentável com desempenho mecânico comparável ao **Kevlar**, ideal para aplicações médicas, industriais e tecnológicas.

Heloisa Pessoa, engenheira têxtil, explica que a seda é uma fibra natural formada principalmente pela proteína fibroína e produzida por alguns artrópodes, como bichos-da-seda e aranhas. “Ela é produzida biologicamente pelo próprio animal dentro de glândulas chamadas glândulas sericígenas. Quando essa proteína é expelida pelo animal, ela endurece e se transforma em filamentos (fibras muito longas, como se fosse um fio de cabelo enorme) contínuos, extremamente finos, flexíveis e resistentes.”

No caso do bicho-da-seda, ele vai expelindo e, ao mesmo tempo, enrolando esses fios, formando o casulo, que protege o animal durante sua transformação em mariposa. Então, é preciso recolher esse casulo e passar por um processo em água quente que permite desenrolar esses filamentos sem quebrá-los. No estudo, a seda utilizada foi a do bicho-da-seda *Bombyx mori*, que é a espécie mais utilizada comercialmente no mundo para a produção de fios e tecidos de seda.

Processo

Pessoa explica que a seda é tão resistente porque sua estrutura é extremamente organizada em diferentes níveis, desde as moléculas até o fio completo. “A principal proteína da seda, que é a fibroína, possui cadeias moleculares muito longas e alinhadas, que se unem por diversas forças de atração entre as moléculas, especialmente ligações de hidrogênio, que não é a ligação química mais forte, mas como são muitas, o coletivo delas acaba gerando uma estrutura muito resistente.”

Essas cadeias formam regiões altamente organizadas e rígidas, ao mesmo tempo em que também possuem algumas regiões mais flexíveis, que permitem uma certa deformação sem rompimento imediato. Essa combinação entre partes rígidas e partes flexíveis faz com que a seda consiga ser resistente e, ao mesmo tempo, relativamente elástica e leve. “É justamente essa organização natural que o artigo tenta preservar nesse novo material desenvolvido por eles.”

Segundo o estudo, o novo método começa com bobinas de fibras de casulo de bicho-da-seda disponíveis comercialmente, provenientes de fornecedores da indústria têxtil, que são tratadas com uma solução suave de carbonato de sódio para remover a sericina — a substância adesiva que reveste as fibras e auxilia os insetos na construção da estrutura do casulo. As fibras são retiradas do banho para facilitar o alinhamento e, em seguida, submetidas à prensagem a quente. Durante o aquecimento, partes da estrutura molecular da seda tornam-se móveis, permitindo que as fibras vizinhas se unam.

O grau de fusão entre os feixes de fibras depende do nível de calor e pressão aplicado. Temperaturas e pressões mais baixas levam a uma estrutura mais

Usando apenas calor e pressão, cientistas transformam seda em material sólido com técnica renovável. Método inovador, publicado na revista *Nature*, dispensa químicos na produção de supermateriais, ideal para aplicações médicas e industriais

Revolução sustentável



Qi Chen Zhou

Kevlar

O Kevlar é uma marca criada pela DuPont para um tipo de fibra sintética chamada aramida, produzida a partir de compostos químicos derivados do petróleo. Durante sua fabricação, essas substâncias químicas reagem formando longas cadeias moleculares chamadas para-aramidas. Em seguida, esse material é dissolvido em um ácido muito forte e extrudado por microfuros (parecido com um chuveiro, mas em tamanho microscópico) formando filamentos extremamente finos.

frouxa, enquanto temperaturas e pressões mais altas resultam em um material mais denso e geralmente mais resistente. Temperaturas muito altas causam a ruptura das fibras e fragilidade.

Dentro de uma faixa de processamento ideal — temperaturas entre 257 e 419 graus Fahrenheit e pressões entre 1.900 e 9.800 atmosferas — obtém-se um material notavelmente resistente que retém a maior parte da organização molecular da seda original, juntamente com uma macroestrutura de fibras agrupadas e fundidas. Em sua nova forma, a seda fundida assume uma estrutura hierárquica que possui algumas propriedades semelhantes às da madeira. Em ambos os materiais, os feixes de fibras estão alinhados em uma direção comum e unidos por lignina (na madeira) ou pela fusão

de regiões de proteína amorfa (na seda). A ligação entre os feixes de fibras ajuda a transferir a tensão entre eles, criando uma enorme resistência em toda a estrutura.

Diferencial

A tecnologia tem potencial para trazer avanços importantes para a área de materiais têxteis avançados, mas, provavelmente, não a ponto de revolucionar todo o mercado têxtil. “O grande diferencial do estudo foi conseguir unir diretamente fibras naturais de seda usando apenas calor e pressão, sem precisar dissolver a seda em produtos químicos agressivos, como normalmente acontece em outros processos. Isso é importante porque permite preservar boa parte da organização natural das moléculas da seda, mantendo

sua alta resistência mecânica e, ao mesmo tempo, reduzindo impactos ambientais relacionados ao uso de solventes.”

De acordo com a engenheira, os resultados são muito interessantes, principalmente para aplicações em biomateriais, compósitos leves, materiais técnicos de alto desempenho e até dispositivos ópticos. Porém, muitas dessas áreas já utilizam materiais bastante consolidados, como fibra de carbono, Kevlar, compósitos poliméricos e fibras sintéticas de alta performance, que ainda possuem produção mais barata, maior estabilidade e processos industriais mais desenvolvidos.

Além disso, tem também o alto custo da seda, a dificuldade de produzir esse material em grande escala, a necessidade de controle rigoroso durante a fabricação e também questões éticas relacionadas à criação dos bichos-da-seda, explica Pessoa. “Na prática, o material criado no artigo se aproxima mais de um biocompósito avançado de alta performance do que de um novo tecido para uso cotidiano.”

Outro aspecto que surpreendeu os cientistas foi o comportamento óptico da seda fundida. O material é transparente à luz visível e apresentou capacidade de polarizar radiação terahertz — faixa do espectro eletromagnético utilizada em scanners corporais,

Palavra de especialista



Arquivo Pessoal

Da alta-costura à alta-tecnologia

“A seda possui diversas vantagens. Ela é um material natural muito leve, resistente e flexível, ao mesmo tempo, algo difícil de encontrar em outros materiais. Também possui boa capacidade de absorver umidade, ajuda na regulação térmica do corpo e apresenta um toque macio e confortável, por isso é tão valorizada na indústria têxtil. Além disso, a seda é biodegradável e biocompatível, ou seja, geralmente é bem-aceita pelo corpo humano, o que faz com que seja bastante estudada para aplicações médicas, como suturas, curativos, regeneração de tecidos e biomateriais. Atualmente, existem pesquisas muito interessantes utilizando seda em hidrogéis para cicatrização de feridas, sensores flexíveis, eletrônica vestível e dispositivos ópticos e eletrônicos biodegradáveis. Também há estudos desenvolvendo tecidos de seda com melhor controle térmico e gerenciamento de umidade, além de pesquisas em engenharia genética para criar fibras inspiradas na seda de aranha, ainda mais resistentes. A seda já deixou de ser vista apenas como um tecido de luxo e passou a despertar interesse como um material biológico avançado, que pode unir desempenho mecânico, funcionalidade e sustentabilidade em diferentes áreas da ciência e da tecnologia.”

Heloisa Pessoa é engenheira têxtil, mestranda em Design pela Universidade de Brasília e docente externa vinculada ao Departamento de Design da instituição

exames médicos, identificação química e sistemas de comunicação avançados. Os autores da pesquisa acreditam que essa propriedade poderá ter aplicações importantes no desenvolvimento das futuras redes 6G, capazes de transmitir dados em velocidades muito superiores às do 5G. Além disso, o material poderá ser usado em sensores flexíveis, eletrônicos biodegradáveis, dispositivos ópticos e tecnologias vestíveis.

***Estagiária sob a supervisão de Marcelo Abreu**

BIODEGRADÁVEIS

Sensor monitora e detecta agrotóxicos em plantas

Cientistas da Universidade de São Paulo (USP), com apoio da Fapesp, desenvolveram sensores biodegradáveis vestíveis capazes de identificar até três tipos de pesticidas e monitorar, em tempo real, a saúde das plantas. Para isso, a tecnologia utiliza uma plataforma integrada a um potenciostato portátil sem fio, equipamento responsável por medir sinais eletroquímicos gerados durante a detecção das substâncias químicas. Logo em seguida, os dados são então enviados para um celular por meio de Bluetooth, e todo o processo leva menos de cinco minutos.

A pesquisa, publicada na revista científica *Biosensors and Bioelectronics: X*, revela que, além do uso agrícola, os sensores também demonstraram potencial para análises em saliva, suor, urina e água. O trabalho se concentrou em duas questões principais: a falta de dispositivos vestíveis fabricados com materiais renováveis e a dificuldade de aderência dos componentes em superfícies irregulares, como folhas e frutos. A inovação representa uma alternativa sustentável aos sensores convencionais produzidos com plástico derivado do petróleo.

Técnica

Para a produção do dispositivo, a equipe optou pelo uso do acetato de celulose, um material derivado da celulose. O composto foi escolhido por ser biodegradável,

atóxico, leve, flexível, acessível e de fácil manipulação, segundo o pesquisador e líder do trabalho, Paulo Raymundo-Pereira. O aparelho realiza as análises e envia os resultados em tempo real para dispositivos móveis via bluetooth.

Uma das unidades sensoriais do dispositivo é dedicada à identificação do pesticida diquat, enquanto a outra detecta, simultaneamente, carbendazim e difenilamina. Paulo explica que, para isso, o equipamento utiliza duas técnicas eletroquímicas: SWV (Voltametria de Onda Quadrada) e DPV (Voltametria de Pulso Diferencial). Ambas funcionam a partir da medição de correntes elétricas produzidas pela interação entre os pesticidas e os sensores.

O sistema alterna automaticamente entre as duas metodologias por meio de um software chamado PStouch. Segundo o estudo, o sensor realiza a detecção sequencial e simultânea dos três compostos em apenas uma gota de amostra, na escala de microlitros, equivalente à milionésima parte de um litro. Para os cientistas, a inovação pode contribuir para o monitoramento ambiental, ampliar a segurança alimentar e fortalecer práticas de agricultura de precisão, que utilizam tecnologias para otimizar a produção agrícola e reduzir impactos ambientais. Os próximos passos envolvem transferir a tecnologia para que uma empresa produza em larga escala e comercialize. (Rafaela Leite)

Paulo Raymundo



Sensores biodegradáveis vestíveis identificam pesticidas em tempo real

Palavra de especialista

Inspiração

“A ideia de criar sensores para plantas surgiu durante um estágio de pesquisa que realizei na University of California San Diego, com apoio da Fapesp, no NanoBioElectronic (NBE) Lab, coordenado pelo professor Joseph Wang, que é uma referência mundial em sensores e biossensores. Ele também dirige o Center of Wearable Sensors, voltado ao desenvolvimento de dispositivos vestíveis para a saúde humana. Essa experiência me fez pensar em como eu poderia adaptar essa tecnologia à realidade brasileira. O que eu poderia fazer de diferente no Brasil com a tecnologia vestível? No que o Brasil se destaca



Arquivo Pessoal

em relação ao restante do mundo? Nossa maior riqueza, claramente representada no PIB, vem do agro. Foi então que

pensei: vou focar no agro. Ao mesmo tempo, percebi que a maioria dos dispositivos vestíveis existentes atualmente é produzida com plásticos de origem petroquímica e não biodegradáveis. Em outubro de 2020, conheci a professora Tailla e a doutoranda Samiris, da Universidade Federal de Viçosa, que possuem ampla experiência na área de embalagens para alimentos. A partir desse encontro, montamos uma equipe dedicada ao desenvolvimento de novos sensores biodegradáveis, que podem ser aplicados na área da saúde, na agricultura de precisão e na segurança alimentar.”

Paulo Augusto Raymundo-Pereira, pesquisador e mestre em química