

GRAFENO CONTRA INFECÇÕES

Nanomaterial permite
usar baixas doses de luz
para eliminar bactérias

Eduardo Geraque

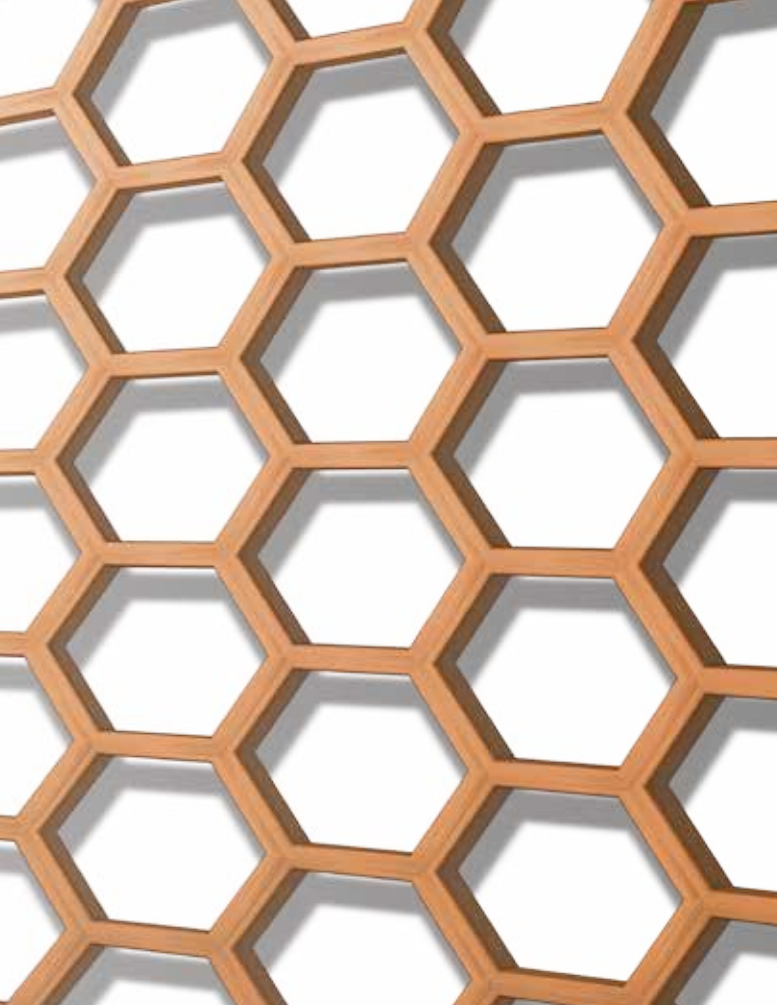
Quando ministrado em conjunto com a luz visível, o grafeno, uma folha de átomos de carbono dispostos de forma hexagonal, apresentou potencial para matar populações de bactérias e possivelmente tratar infecções de pele. Uma equipe de pesquisadores do Centro de Pesquisas em Óptica e Fotônica (CePOF), do Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo (IFSC-USP), e do Centro de Pesquisas Avançadas em Grafeno, Nanomateriais e Nanotecnologias (MackGraphe), da Universidade Presbiteriana Mackenzie, mediu os efeitos do uso de folhas de óxido de grafeno iluminadas por LEDs no combate a duas espécies comuns de bactérias: *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*, que foram cultivadas em uma solução em laboratório. As folhas de grafeno recobrem os microrganismos e potencializam o efeito da terapia de luz.

“Eliminamos completamente as bactérias com 20 minutos de irradiação”, afirma a física equatoriana María Paulina Romero, uma das autoras do trabalho com os resultados dos experimentos, pu-

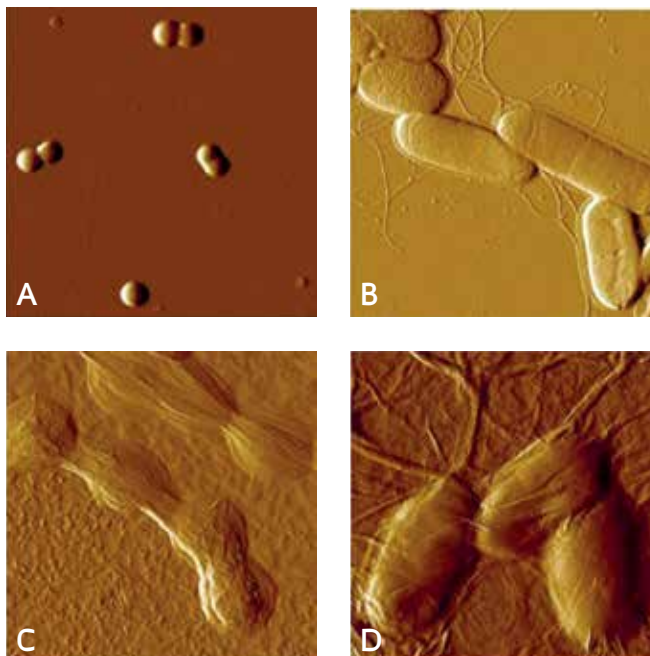
blicado em janeiro na revista científica *Frontiers in Microbiology*. Hoje professora na Escola Politécnica Nacional de Quito, Romero fez um estágio de pós-doutorado no IFSC entre 2017 e 2019.

Sem o auxílio das folhas de óxido de grafeno, a luz vermelha dos LEDs utilizados no experimento, com 630 nanômetros de comprimento de onda, é capaz de iluminar e aquecer as bactérias, mas não de aniquilá-las. Foram usadas no estudo folhas de óxido de grafeno do tamanho de 2 mil nanômetros e de 340 nanômetros. As duas bactérias responderam de forma bastante semelhante aos testes com ambas as variantes do óxido de grafeno. A diferença mais visível foi que, devido à sua morfologia, *Staphylococcus aureus* precisava de concentrações maiores do nanomaterial que *Escherichia coli* para ser inteiramente recoberta pelas folhas do óxido de grafeno.

A dose letal da dupla luz mais óxido de grafeno também foi testada *in vitro* em fibroblastos, um tipo de célula da pele, obtidos de bebês recém-nascidos e apresentou pouca ou nenhuma toxicidade, dependendo da variante empregada do



As bactérias *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* (imagens A e B) e os mesmos microrganismos recobertos por óxido de grafeno (C e D)



material. As folhas de óxido de grafeno foram sintetizadas no MackGraphe e os testes de ação antimicrobiana foram conduzidos no CePOF, um dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid) financiados pela FAPESP. “Para aplicações biológicas, utilizamos protocolos criteriosos para obtenção do óxido de grafeno. A etapa de purificação do material é extremamente importante”, explica a química Cecília Silva, do MackGraphe, outra autora do *paper*. “Impurezas do processo de síntese, como íons metálicos e ácidos, podem causar alterações na viabilidade celular.” Com átomos de oxigênio e de hidrogênio associados à colmeia hexagonal de carbonos, o óxido de grafeno conserva quase todas as propriedades do grafeno puro, como extrema leveza, grande dureza e flexibilidade. É mais simples e barato de produzir.

Baseados em trabalhos prévios de grupos de pesquisa do exterior, os pesquisadores da USP e do Mackenzie sabiam que a irradiação por luz vermelha fazia o grafeno ganhar temperatura e liberar energia. Decidiram, então, averiguar se essas propriedades térmicas e fotodinâ-

micas poderiam ser úteis para debelar infecções bacterianas. Nos experimentos, observaram que, introduzir as folhas de óxido de grafeno nas soluções com os dois agentes infecciosos, o material recobria por completo as bactérias e passava a atuar como um potencializador dos efeitos antimicrobianos da luz. Quando os LEDs, diodos emissores de luz, eram direcionados para as bactérias revestidas pelo nanomaterial, ocorria a liberação de moléculas de oxigênio (O_2) do óxido de carbono e a temperatura local subia de 55 °C para 60 °C. “A irradiação excita o oxigênio a ponto de transformá-lo em um agente tóxico para as bactérias”, comenta Romero. “Usamos um arranjo econômico de LEDs vermelhos, que nos permitiu irradiar uma área de pelo menos 12 centímetros quadrados.”

Segundo a fisiopatologista Natalia Inada, do IFSC, os resultados do trabalho indicam que a nova abordagem poderia ser usada para desinfetar grandes áreas da pele que não respondem bem ao tratamento com antibióticos administrados por via endovenosa. “O grafeno também tem potencial para gerar menos efeitos

colaterais e problemas de resistência aos agentes microbianos”, diz Inada, também coautora do estudo. Coordenador do CePOF, o físico Vanderlei Bagnato, que também assina o artigo científico, destaca que o grafeno é um material com potencial de ser empregado em diferentes campos do conhecimento. “Entre essas áreas, o setor de ciências da vida e de farmacologia é um dos mais promissores”, diz Bagnato. O próximo passo será testar a fototerapia potencializada pelo grafeno no tratamento de tumores de pele. ■

Projetos

1. CePOF-Centro de Pesquisa em Óptica e Fotônica (nº 13/07276-1); Modalidade Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid); Pesquisador responsável Vanderlei Salvador Bagnato (USP); Investimento R\$ 44.106.793,11.
2. Grafeno: Fotônica e optoeletrônica. Colaboração UPM-NUS (nº 12/50259-8); Modalidade Auxílio à Pesquisa; Programa Spec; Pesquisador responsável Antonio Helio de Castro Neto (Universidade Presbiteriana Mackenzie); Investimento R\$ 14.956.394,43.

Artigo científico

ROMERO, M. P. *et al.* Graphene oxide mediated broad-spectrum antibacterial based on bimodal action of photodynamic and photothermal effects. *Frontiers in Microbiology*. 15 jan. 2020.