

USP cria GÊMEO DIGITAL do TÓRAX

Ao utilizar imagens de tomografia, a técnica mapeia a anatomia do paciente em detalhes e estima a quantidade de radiação que chega aos pulmões. O foco é criar um plano de tratamento sob medida e mais eficaz

» RAFAELA LEITE

Cientistas da Universidade de São Paulo (USP) desenvolveram um “gêmeo digital” em 3D do tórax humano para simular a propagação da luz pelo corpo. A tecnologia utiliza imagens de tomografia para reproduzir a anatomia de cada paciente e estimar quanta energia luminosa chega aos pulmões, com o objetivo de aprimorar o planejamento de terapias contra infecções pulmonares.

A pesquisa, apoiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) e publicada na revista científica *PNAS*, utiliza o método de Monte Carlo, que simula milhões de fótons — partículas que transportam energia luminosa — ao atravessarem os tecidos. Os cálculos permitem estimar como a luz é absorvida, desviada e distribuída pelo organismo.

A tecnologia pode contribuir para tratamentos como a terapia fotodinâmica, que utiliza luz para ativar uma substância fotossensível. Na presença de oxigênio, essa ativação desencadeia reações químicas capazes de destruir microrganismos. O desafio é fazer a luz atravessar a pele, a gordura, os músculos e os ossos e alcançar as regiões infectadas dos pulmões em intensidade suficiente.

Como a anatomia e as condições clínicas variam entre os pacientes, a mesma iluminação externa pode produzir resultados diferentes. Simular a distribuição da luz ajuda a estimar quanta energia chega às áreas afetadas e a planejar tratamentos mais adequados a cada indivíduo.

Réplica virtual

A partir das tomografias, os pesquisadores constroem modelos tridimensionais personalizados do tórax, identificando 12 tipos de tecidos e estruturas anatômicas, cada um com propriedades ópticas específicas. Os pulmões são divididos em pequenos volumes chamados voxels, que permitem calcular a distribuição da luz em diferentes regiões.

O modelo distingue tecidos normalmente aerados, áreas inflamadas, regiões colapsadas e vasos sanguíneos. Essas diferenças são importantes porque cada estrutura interfere de maneira própria na

Freepik



Tecnologia usa tomografias para calcular a dose exata de energia luminosa até os pulmões, abrindo caminho para tratamentos não invasivos

Modelo

O chamado “gêmeo digital” é um modelo computacional, ou seja, uma representação criada no computador a partir de dados reais para reproduzir, por meio de cálculos matemáticos e simulações, o comportamento de um sistema do mundo físico.

propagação da radiação.

Segundo Vanderlei Bagnato, professor do Instituto de Física de São Carlos da USP e autor do estudo, a pesquisa é desenvolvida no Brasil e nos Estados Unidos. Uma das frentes busca demonstrar que uma substância pode ser inalada e ativada pela luz diretamente nos pulmões.

“Desenvolvemos um sistema para inalar uma substância e ativá-la com luz dentro dos pulmões”, explica Bagnato. Segundo ele, a estratégia busca eliminar microrganismos e combater infecções. “O mais importante é que ela pode ajudar a romper a resistência aos antibióticos”, afirma.

Outro desafio é garantir que a luz alcance os pontos comprometidos pela infecção. Para isso, os pesquisadores simulam sua passagem pelas diferentes estruturas do tórax. “Conseguimos superar uma barreira: entender como a luz se propaga nos tecidos. Agora, precisamos fazê-la chegar ao local da infecção”, diz.

Com base nas imagens do paciente, os cientistas reproduzem virtualmente a anatomia e a localização da doença. “Crio um gêmeo digital do paciente no computador, com o foco da doença

identificado”, explica. A partir dessa réplica, é possível simular a iluminação externa e avaliar se a energia luminosa alcançará as regiões necessárias. “Verifico se a luz chega em condições adequadas para que o tratamento tenha sucesso”, acrescenta Bagnato.

Tratamento personalizado

O gêmeo digital pode ajudar a adaptar os parâmetros de iluminação às características anatômicas e clínicas de cada paciente, em vez de utilizar as mesmas condições para todos. “Podemos planejar um tratamento específico para cada paciente e, assim, otimizá-lo”, afirma o autor da pesquisa. Para ele, essa abordagem representa um avanço na medicina personalizada. “A medicina precisa considerar não apenas a doença, mas também

as características do paciente. É esse conjunto que deve orientar o tratamento correto”, destaca.

No futuro, o modelo poderá permitir testar virtualmente diferentes estratégias terapêuticas antes de aplicá-las ao paciente. Intensidade da luz, tempo de exposição, comprimento de onda e posicionamento da fonte luminosa poderão ser ajustados conforme a anatomia e as alterações identificadas nas tomografias.

A expectativa é de que a ferramenta ajude a reduzir as incertezas sobre a quantidade de luz necessária para atingir as regiões infectadas e contribua para o planejamento de terapias mais individualizadas. A tecnologia, porém, ainda precisa avançar para que seu potencial seja confirmado na prática clínica.

***Estagiária sob supervisão de Marcelo Abreu**

Limitações e perspectivas

Apesar dos resultados promissores, a tecnologia ainda não está pronta para uso clínico rotineiro. As propriedades ópticas atribuídas aos tecidos foram obtidas principalmente a partir da literatura científica e, por isso, ainda não contemplam toda a variabilidade existente entre os indivíduos. Novos testes serão necessários para aperfeiçoar o modelo e confirmar, com maior precisão, a quantidade de luz que efetivamente alcança cada região dos pulmões em diferentes condições clínicas.

Vanderlei Bagnato, coordenador da Unidade Embrapii Instituto de Física de São Carlos da USP e líder do projeto, explicou ao **Correio** que o estudo integra uma pesquisa mais ampla sobre o uso da terapia fotodinâmica no combate a infecções pulmonares. A iniciativa busca ampliar as possibilidades de aplicação dessa abordagem, especialmente em situações nas quais os tratamentos convencionais apresentam limitações.

Radiação

Nesse tratamento, o paciente inala moléculas que se ligam à região infectada e são posteriormente ativadas pela luz aplicada externamente. Para que o procedimento funcione adequadamente, é necessário compreender como a radiação atravessa os tecidos e chega ao local onde deve atuar. A quantidade de luz que alcança a área afetada é um dos fatores que podem influenciar os resultados da terapia.

“Saibamos como a luz está chegando nas partes do pulmão. Daí a importância desse trabalho. Ele permite saber o quanto de luz vai chegar e se é suficiente para eliminar ou alterar a infecção”, afirmou Bagnato. Segundo o pesquisador, o gêmeo digital do tórax representa uma nova técnica na qual a equipe tem investido para tratar casos de pneumonia que não respondem aos antibióticos. “Se formos bem-sucedidos no geral, salvaremos milhões de vidas”, acrescentou.

INOVAÇÃO VERDE

Fungos são o futuro da moda sustentável

Cientistas do Centro de Pesquisa Técnica VTT, na Finlândia, criaram um material feito de micélio que reproduz o aspecto e as características do couro. Produzida a partir do cultivo de fungos em tanques de fermentação líquida, essa biomassa se transforma em um tecido maleável, resistente, compostável e viável para a produção industrial. O estudo, publicado na revista científica *ACS Applied Bio Materials*, apresenta o processo como uma alternativa para a fabricação tradicional do couro e materiais que imitam vegetais. Segundo o trabalho, opções atualmente disponíveis podem depender de recursos fósseis e enfrentar desafios relacionados ao descarte e à reciclagem.

De acordo com Breno Tenório Ramalho de Abreu, professor do

Departamento de Design e coordenador da pós-graduação em Design da Universidade de Brasília (UnB), o micélio é uma estrutura formada por uma rede de filamentos dos fungos. Esses filamentos, chamados hifas, crescem e se entrelaçam, formando grande parte da estrutura do organismo. Quando cultivado e processado de maneira controlada, o micélio pode dar origem a materiais com características semelhantes às de produtos fibrosos. Além disso, ele geralmente se desenvolve em ambientes como madeira e solo. “Ao contrário dos cogumelos, que são visíveis, geralmente os micélios crescem abaixo da superfície”, explica.

A pesquisa aponta que a utilização de fungos para desenvolver novos materiais não é uma ideia

Adaptado de ACS Applied Bio Materials 2026



Folha de tecido à base de micélio usada como protótipo da bolsa

recente. O principal desafio, segundo o especialista, sempre foi transformar o crescimento natural do micélio em um processo industrial capaz de produzir grandes quantidades de material de forma controlada.

A equipe liderada por Manuel Arias-Barrantes, Géza Szilvay e outros pesquisadores adotou uma

estratégia diferente das técnicas tradicionais. Em vez de cultivar o fungo sobre uma superfície, os cientistas colocaram a espécie *Trichoderma reesei* em um meio líquido rico em nutrientes. O cultivo foi realizado em tanques semelhantes aos utilizados pela indústria de bebidas. Nesse ambiente, o fungo cresce de forma

submersa e produz grandes quantidades de biomassa.

Isso se transforma em uma massa espessa, semelhante a uma polpa, e não uma folha formada diretamente pelas fibras do fungo. Essa característica é importante para o processo industrial porque a biomassa pode ser retirada dos tanques, lavada e posteriormente processada como matéria-prima.

Tecido

Segundo Breno Tenório, quando o micélio é cultivado em bandejas ou tanques de fermentação, pode ser moldado e transformado em chapas ou lâminas. O material também pode reagir com determinadas substâncias, incluindo espécies de álcoois, para adquirir maior resistência e flexibilidade. Ele ressalta, porém, que o material não deve ser chamado de couro, já que o termo é reservado a materiais de origem animal. Para produtos obtidos dessa maneira, seriam mais adequadas

expressões como chapa, lâmina ou material de micélio. A biomassa de micélio pode ser transformada em um material semelhante ao couro por meio da mistura com sorbitol e celulose. A composição pode ser adaptada para diferentes aplicações, e testes com equipamentos industriais mostraram potencial para produção em maior escala. O material apresentou resistência à tração semelhante à do couro, mas ainda precisa melhorar sua resistência ao rasgo.

Os pesquisadores também avaliaram sua decomposição, observando que o material se decompôs em 28 dias em contato com água e em cerca de seis semanas em compostagem industrial. Entretanto, esse tempo pode variar conforme a composição, espessura, revestimentos e condições ambientais. Tenório reforça que o maior desafio é sempre melhorar a qualidade do material, para que ele tenha maior resistência, e a adaptação ao volume de produção exigido pela indústria.” (Rafaela Leite)