

12 de março de 2025

No IFSC/USP – Aprendizado de máquina e microscopia óptica possibilitam desenvolvimento de imunossensores ultra-sensíveis



Pesquisador Dr. Pedro Ramon Almeida Oitica

IFSC/USP avança na detecção do SARS-CoV-2

Pesquisadores do IFSC/USP, em colaboração com a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e a Embrapa Instrumentação, desenvolveram uma plataforma inovadora para diagnóstico, que combina aprendizado de máquina e microscopia óptica para detectar o SARS-CoV-2 em concentrações extremamente baixas. O estudo, publicado na revista científica "ACS Sensors", apresenta uma nova técnica de imunossensoriamento que supera os métodos convencionais em sensibilidade e especificidade, abrindo caminho para um diagnóstico mais acessível e rápido.

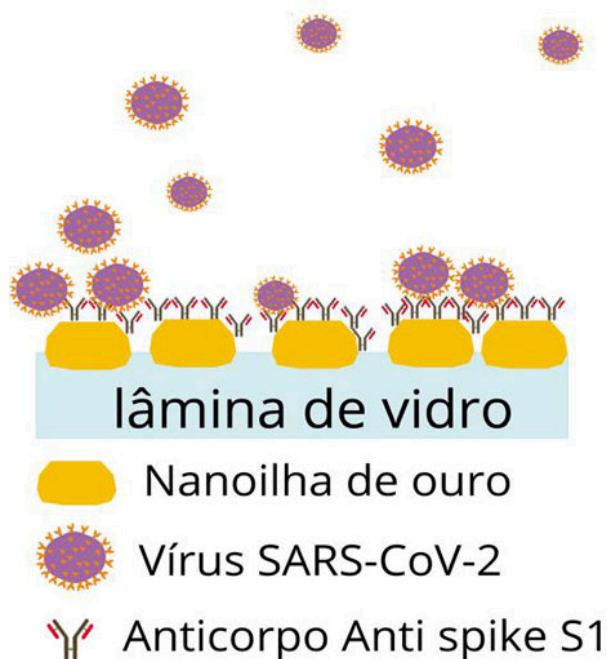
A pesquisa, liderada pelo docente e pesquisador do IFSC/USP, Prof. Dr. Osvaldo Novais de Oliveira Jr. e sua equipe, demonstra que essa nova plataforma para diagnóstico pode identificar a presença do SARS-CoV-2 em concentrações tão baixas quanto 1 unidade formadora de placa por mililitro (PFU/mL). Essa capacidade de detecção é mil vezes mais sensível do que os sensores baseados em ressonância de plásmons localizada (LSPR) convencionais, usando a mesma tecnologia de imunossensoriamento.

Revolucionando a detecção de vírus com imagens impulsionadas por IA

Os biossensores tradicionais dependem de técnicas de medidas, que requerem equipamentos nem sempre à disposição em ambientes clínicos ou em prontos atendimentos primários. Ao aproveitar a microscopia óptica e a IA, a nova abordagem oferece uma alternativa de baixo custo com muito mais sensibilidade.

A plataforma utiliza uma rede neural convolucional (CNN – "Convolutional Neural Networks") conhecida como MobileNetV3_Small, juntamente com um classificador baseado no algoritmo Máquinas de Vetores de Suporte (SVM – "Support Vector Machines"), atingindo uma precisão de 91,6% e uma especificidade de 96,9% na distinção de amostras negativas. Além disso, na classificação binária, onde apenas resultados positivos e negativos foram considerados, o modelo alcançou uma impressionante precisão de 96,5%, destacando sua robustez como ferramenta diagnóstica.

Biossensor plasmônico



Como a Tecnologia Funciona

O imunossensor é baseado em substratos de vidro com nano-ilhas de ouro (AuNI) funcionalizados com anticorpos e que visam a proteína Spike S1 do SARS-CoV-2. Quando expostos a amostras contendo o vírus, esses sensores sofrem mudanças texturais sutis, observáveis por microscopia óptica. Algoritmos de IA analisam então as imagens, detectando padrões indicativos da presença viral com precisão extraordinária.

Uma descoberta fundamental do estudo é que a textura da imagem – em vez da cor – desempenha um papel essencial na detecção do vírus. Isso sugere que o método pode ser aplicado a outras plataformas de biossensores baseadas em mecanismos de detecção por adsorção.

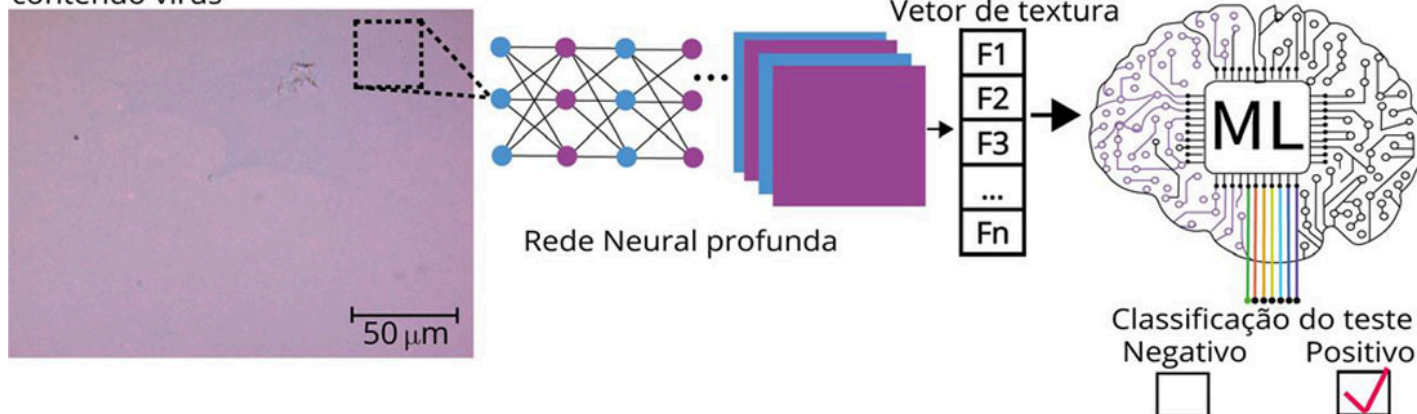
Implicações para diagnósticos futuros

A capacidade de detectar concentrações ultrabaixas de SARS-CoV-2 abre possibilidades para a triagem de infecções em estágio inicial e monitoramento em tempo real em ambientes clínicos e comunitários. Comparado a testes de antígeno tradicionais que possuem limites de detecção mais altos, esta nova técnica alcança uma sensibilidade comparável ao RT-PCR, o padrão ouro para diagnósticos virais.

Além disso, os pesquisadores enfatizam que a abordagem pode ser adaptada para a detecção de outros patógenos virais e biomarcadores, tornando-se uma ferramenta versátil para futuras aplicações em biossensores. Estudos em andamento exploram sua implementação com microscópios de menor ampliação e até câmeras de smartphones, o que poderá aumentar ainda mais sua acessibilidade.

Detecção do vírus usando visão computacional e aprendizado de máquina

Imagem do biossensor contendo vírus



Expansão da tecnologia além da COVID-19

A integração do aprendizado de máquina com a microscopia óptica oferece um caminho promissor para o desenvolvimento de dispositivos diagnósticos portáteis e de baixo custo. A equipe de pesquisa demonstrou que a plataforma pode ser implantada com recursos computacionais mínimos, tornando-a viável para uso em ambientes com recursos limitados. O modelo MobileNetV3_Small, por exemplo, processa imagens em apenas 0,18 segundos, permitindo detecção em tempo real.

Além disso, a capacidade da plataforma de diferenciar entre diferentes concentrações de partículas virais pode ser crucial para a detecção precoce, mesmo em indivíduos assintomáticos. Essa funcionalidade é essencial para o controle de doenças infecciosas e para mitigar surtos antes que eles se tornem pandêmicos.

Os pesquisadores também destacam a possibilidade de adaptação da metodologia para detectar outros patógenos, como influenza, vírus sincicial respiratório (RSV) e novas ameaças virais emergentes. Modificando a funcionalização dos substratos plasmônicos, o imunossensor pode ser ajustado para detectar biomarcadores específicos associados a diversas doenças.

Perspectivas futuras

Embora o estudo atual tenha se concentrado em microscopia óptica de alta ampliação (400X), pesquisas em andamento buscam explorar técnicas de imagem de menor ampliação, incluindo o uso de câmeras de smartphones para aplicações nos pontos de atendimento. Esse desenvolvimento pode ampliar ainda mais a acessibilidade e a relação custo-benefício, expandindo o alcance dos diagnósticos avançados além dos laboratórios especializados.

A equipe de pesquisa também está investigando arquiteturas de aprendizado profundo que possam otimizar ainda mais o desempenho da classificação. Além disso, estão sendo feitos esforços para integrar abordagens de aprendizado de máquina, combinando múltiplas técnicas de extração de características para aprimorar a robustez da detecção viral.

O pesquisador do IFSC/USP, Dr. Pedro Ramon Almeida Oiticica, primeiro autor do artigo científico, comenta esta pesquisa da seguinte forma: “Este novo estudo representa um passo significativo na democratização dos diagnósticos avançados por meio da integração de IA e microscopia e o nosso trabalho só foi possível graças ao apoio das agências de fomento à pesquisa: FAPESP, CAPES e CNPq. Acreditamos que políticas sólidas de apoio à ciência e tecnologia são fundamentais para que nosso país se desenvolva mais rapidamente, gerando um grande retorno para a sociedade. Temos muita satisfação em aproveitar esses recursos para desenvolver pesquisas que contribuam para a sociedade, promovendo o bem-estar e o fortalecimento científico do país. Continuaremos trabalhando para desenvolver soluções inovadoras e acessíveis na área de sensores, aplicadas em diversas frentes da biotecnologia e do diagnóstico”, finaliza o pesquisador.

Além de Pedro R. A. Oiticica, este estudo pioneiro foi conduzido por uma equipe multidisciplinar composta por: Monara Angelim, Juliana Soares, Andrey Soares, José Proença-Módena, Odemir Bruno e Osvaldo Novais de Oliveira Jr.

Acesse [AQUI](#) o artigo científico.

Rui Sintra – Assessoria de Comunicação – IFSC/USP