

-- CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS --

Uma equipe de pesquisadores está validando ferramentas fotônicas e espectroscópicas para monitorar a sustentabilidade de uma área de produção agrícola. Os pesquisadores devem avaliar a eficiência de diferentes tecnologias para detectar variações na composição do solo, identificar sinais precoces de estresse vegetal e presença de contaminantes na água. Os dados obtidos serão indicadores para a tomada de decisões estratégicas para práticas agrícolas sustentáveis.

A partir dessa situação hipotética, julgue os itens a seguir.

- 76** Considere que, a fim de monitorar, em tempo real, a absorção de nutrientes pelas raízes de plantas cultivadas em ambiente controlado, os pesquisadores proponham o uso de um sensor fotônico baseado em espectroscopia de espalhamento Raman intensificado por superfície (SERS). Nesse caso, devido à baixa interação da luz *laser* com soluções aquosas, essa abordagem será inviável para monitorar variações de íons em solução nutritiva.
- 77** Sensores fotônicos baseados em redes de Bragg em fibra óptica são inadequados para monitorar a temperatura do solo, devido à sua baixa sensibilidade térmica.
- 78** A espectroscopia de fluorescência é uma ferramenta que pode ser utilizada pelos pesquisadores para avaliar a saúde de plantas por meio da detecção de estresses nutricionais ou hídricos antes que sintomas visíveis apareçam.
- 79** A espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) é ineficaz para determinar o teor de matéria orgânica no solo (MOS), devido à baixa sensibilidade a compostos orgânicos, e, por isso, não deve ser utilizada pelos pesquisadores.
- 80** Os pesquisadores serão assertivos se considerarem o uso da interferometria quântica baseada em estados emaranhados de fótons para detectar variações sutis, por exemplo, nas emissões de CO₂ do solo, pois, por meio dessa tecnologia de sensores interferométricos quânticos, será possível avaliar o impacto de práticas agrícolas sobre os fluxos de carbono com alta precisão temporal e espacial mesmo em condições ambientais adversas.
- 81** Para analisar a qualidade da água no sistema agrícola, a espectroscopia de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP-OES) não será adequada, pois trata-se de uma técnica de análise com baixa sensibilidade a contaminantes metálicos.
- 82** Para auxiliar na avaliação da fertilidade do solo, a equipe de pesquisadores pode optar ou por utilizar a espectroscopia Raman para identificar os compostos químicos orgânicos e minerais presentes na terra ou por utilizar a espectroscopia de emissão óptica com plasma induzido por laser (LIBS), que permite determinar constituintes elementares do solo como C, N, P, K, Ca, Mg, Al e Fe.

No que diz respeito a imagens de fluorescência, térmica, tomografias de raios-X e tomografia de coerência óptica para diagnóstico de doenças (vegetal e animal), qualidade de produtos (contaminação e lesões) e caracterização de materiais de interesse agroambientais, julgue os itens que se seguem.

- 83** A tomografia de coerência óptica (OCT) opera exclusivamente por contraste de absorção óptica e seu uso na identificação de características estruturais das sementes de arroz será eficaz independentemente das propriedades de espalhamento da luz no material analisado, o que garante precisão uniforme entre diferentes variedades.
- 84** A termografia infravermelha é uma técnica eficaz na detecção de áreas de estresse hídrico em plantas, pois permite intervenções precisas na irrigação, porém não pode ser utilizada para detectar inflamações em animais, devido à incapacidade de medir variações de temperatura na pele.
- 85** A tomografia computadorizada de raios-X (TC) é amplamente utilizada para analisar a estrutura interna do solo em três dimensões, permitindo a avaliação de atributos como tamanho, forma, distribuição e conectividade dos poros.
- 86** A atenuação diferencial dos tecidos vegetais com alta hidratação compromete a precisão da reconstrução tomográfica de raios-X, limitando a identificação de microestruturas internas de baixa densidade; para mitigar essas limitações, técnicas complementares ou ajustes nos parâmetros de aquisição de imagem podem ser necessários na análise de tecidos vegetais com alto teor de água.
- 87** A tomografia de coerência óptica (OCT) permite avaliar a qualidade pós-colheita de produtos agrícolas: em frutas, por exemplo, é possível detectar, de forma não invasiva, defeitos internos, como infestações, cavidades e alterações no tecido, com alta resolução espacial.
- 88** A fluorescência induzida por *laser* é uma técnica útil para detectar contaminação por aflatoxinas em grãos armazenados, permitindo a identificação rápida e não destrutiva.

Julgue os próximos itens, acerca das tecnologias quânticas e suas aplicações em áreas de produção agrícola.

- 89** Os magnetômetros quânticos baseados em defeitos de vacância de nitrogênio em diamantes são capazes de mapear variações espaciais da atividade microbiana no solo com resolução nanométrica, fornecendo um indicador direto da saúde do solo em escala agrícola.
- 90** A computação quântica tem potencial promissor para otimizar a previsão de safras, a gestão hídrica, as simulações climáticas e a análise de solos, aumentando a eficiência da tomada de decisão no agronegócio, embora o desenvolvimento de aplicações quânticas para agricultura ainda enfrente desafios, como custos altos e requisição de infraestrutura avançada.
- 91** A espectroscopia Raman aprimorada por efeito de superfície (SERS), quando combinada com sensores quânticos, possibilita a detecção ultrasensível de traços de contaminantes em amostras de água agrícola, aumentando a seletividade da análise sem a necessidade de reagentes químicos.
- 92** Sondas fluorescentes baseadas em pontos quânticos (*quantum dots*) são tecnologias promissoras para, por exemplo, detectar, de maneira sensível e seletiva, o glifosato em produtos agrícolas, e a utilização de tecnologias quânticas, como os pontos quânticos, abre um leque de possibilidades para o monitoramento contínuo da saúde dos cultivos e da segurança alimentar, oferecendo precisão na detecção de baixos níveis de contaminantes.

93 Sensores quânticos baseados em condensados de Bose-Einstein podem ser utilizados para medir variações na gravidade local com precisão extrema, permitindo a detecção indireta de mudanças na umidade do solo e na densidade de matéria orgânica, o que contribui para análises avançadas de sustentabilidade agrícola.

A respeito das técnicas fotônicas para a caracterização de materiais, julgue os próximos itens.

94 A espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) é uma técnica especializada para identificar tipos de ligações químicas em uma molécula, produzindo um espectro de absorção de infravermelho que funciona como uma impressão digital molecular.

95 Na espectroscopia Raman, técnica analítica baseada na detecção de vibrações moleculares que gera espectros únicos e altamente resolvidos de um sistema, utiliza-se luz incidente cujo comprimento de onda varia entre 480 nm e 1.064 nm e, então, mede-se o deslocamento Raman entre 700 nm e 4.000 nm.

96 A espectroscopia UV-visível é a melhor alternativa para a determinação da maturidade e da cristalinidade de fibras de algodão, permitindo que se definam os índices de maturidade infravermelha (MIR) e cristalinidade infravermelha (CIIR) dessas fibras.

97 A termografia (TIR) é um método de espectroscopia na faixa do espectro infravermelho, entre 03 μm e 14 μm , e se destina a identificar variações de temperatura distribuída em uma superfície, sendo um método não destrutivo para as amostras e que não sofre interferências caso eventuais objetos surjam entre o alvo e a câmera térmica, uma vez que consegue inferir a variação de temperatura dos objetos analisados e não depende da incidência direta de um feixe de luz.

98 A espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) é uma técnica padrão empregada na determinação da concentração de proteína de grãos inteiros (GPC) e utiliza modelos de calibração multivariada para prever a GPC a partir da relação estabelecida entre a GPC e espectros de absorção difusa do NIR.

99 Caso se deseje monitorar a eficiência da fotossíntese da planta e detectar precocemente o estresse hídrico ou deficiência nutricional, pode-se utilizar um espectrofotômetro na faixa de comprimento de onda da fluorescência da clorofila, que deve ter fonte de luz em 625 nm, filtro de corte de passagem curta para NIR e temperatura de operação entre 0 °C e 40 °C, entre outros requisitos.

No que se refere à inativação fotodinâmica e seu emprego como estratégia antimicrobiana, julgue os itens a seguir.

100 Na inativação fotodinâmica, a molécula do fotossensibilizador é excitada pela luz no comprimento de onda ideal até um estado tripleto e transfere energia do fóton para o oxigênio molecular, produzindo espécies reativas de oxigênio capazes de causar danos à membrana celular, ao DNA, oxidação de compostos orgânicos insaturados, como os lipídeos, além de inativarem enzimas essenciais ao microrganismo, o que resulta na morte dos patógenos na região marcada.

101 Não sendo eficiente o controle químico da bactéria *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Xcc), causadora da podridão negra, o emprego da inativação fotodinâmica com corante fenotiazinico isolado, não irradiado, no preparo e controle de qualidade das sementes de canola é uma boa alternativa para o combate a essa praga.

102 Entre os fotossensibilizadores utilizados na inativação fotodinâmica antimicrobiana de fungos, destacam-se os fenotiazínicos, que são compostos de estrutura tricíclica e geralmente catiônicos, capazes de gerar altas quantidades de EROs (espécies reativas de oxigênio) e apresentam absorção máxima entre 620 nm e 660 nm.

103 A inativação fotodinâmica antimicrobiana apresenta um grande potencial no tratamento de fungos patogênicos: apesar de seu elevado custo, essa técnica pode eliminar uma infecção de forma eficiente, com baixa toxicidade e reduzido tempo de exposição aos fármacos.

Em bovinos, os membros locomotores e os dígitos podem ser acometidos por infecções e inflamações, denominadas genericamente de pododermatites, que comprometem a sanidade da pele e de tecidos adjacentes, levando à claudicação do animal e a prejuízos na locomoção, alimentação e reprodução, principalmente nos rebanhos leiteiros. O tratamento dessas afecções digitais envolve o uso tópico e sistêmico de antibióticos e a curetagem das lesões.

Acerca do problema destacado no trecho de texto precedente e do emprego da fotônica na melhoria do rebanho, julgue os itens a seguir.

104 A terapia fotodinâmica consiste no uso de uma substância fotossensível marcadora em um meio biológico, atóxica isoladamente, mas que, ao ser ativada pela irradiação de luz *laser* com densidade energética e comprimento de onda específico, torna-se citotóxica para o meio biológico, com alto poder de letalidade para os microrganismos marcados na lesão.

105 Um exemplo de terapia fotodinâmica para pododermatites bovinas como tilomas e hiperplasia interdígital é o uso da substância azul de metileno como fotossensibilizador sobre as lesões e irradiação com *laser* vermelho de comprimento de onda de 660 nm, com 192 J/cm² por 20 minutos contínuos; essa aplicação para inativação de microrganismos, embora seja local e instantânea, apresenta um nível de ação sistêmica, devido à citotoxicidade do marcador.

O plano diretor da Embrapa 2024–2030 inclui, entre suas metas, a geração de conhecimento, tecnologias e informação para o enfrentamento e a mitigação das mudanças do clima, para o uso racional dos recursos naturais dos biomas brasileiros e para uma agricultura sustentável de futuro. A pesquisa nestas linhas de ação exige a aquisição e o processamento de um volume grande de variáveis e dados, o que hoje pode ser viabilizado por ferramentas como a computação quântica, a inteligência artificial, incluindo *machine learning* e *deep learning*, *Big Data*, *blockchain*, visão computacional, robótica e automação, o que se reflete em outro compromisso para a produção de massa crítica e domínio em tecnologias emergentes e disruptivas que permitam atingir os objetivos citados. Considerando o assunto tratado no texto precedente, julgue os itens seguintes.

- 106** No contexto da agricultura digital envolvendo diferentes processos biológicos, as aplicações da computação quântica podem ser agrupadas em áreas como bioinformática, sensoriamento remoto, modelagem climática e agricultura inteligente.
- 107** A agricultura 4.0 é caracterizada pela aplicação intensiva de tecnologias avançadas para melhorar consideravelmente a produtividade e lucratividade do setor agropecuário e tem incorporado tecnologias disruptivas como agricultura de precisão, robótica, aprendizado de máquina, inteligência artificial, *blockchain*, biotecnologia, engenharia genética, nanotecnologia e computação quântica, porém sem considerar a sustentabilidade.
- 108** No monitoramento autônomo de áreas de plantio com o objetivo de controle e planejamento das intervenções, a partir da geração de dados por meio de captura de imagens espectrais e da classificação de padrões de plantas para detecção precoce e manejo de doenças e pragas, os erros de detecção do tipo falso negativo são frequentemente causados por fatores como presença de poeira, detritos ou gotículas de água.
- 109** No emprego das redes neurais convolucionais, aplicadas à visão computacional, os módulos iniciais conseguem identificar linhas e bordas dos objetos, os módulos seguintes organizam esses padrões em texturas e estruturas simples como triângulos e manchas, os quais se combinam então em outras estruturas como partes de folhas, galhos e bagas, e finalmente, os últimos módulos combinam esses elementos em objetos de interesse, como uma planta, um fruto ou um animal.
- 110** Os dados produzidos por um sistema LIBS que tem um *laser* pulsado de alta energia, a 1.064 nm, 10 Hz e densidade de energia de 50 mJ e um espectrômetro de faixa espectral ampla variando do ultravioleta profundo (UV) ao infravermelho médio (MIR), entre 180 nm a 950 nm, com resolução de 0,1 nm — característica que permite, em uma mesma análise, a identificação de inúmeros parâmetros do solo além da quantificação do carbono, tais como micronutrientes, macronutrientes —, podem ser utilizados como dados de alimentação para métodos de calibração e processamento de dados por meio de inteligência artificial para obtenção de resultados precisos.

Espaço livre