

**AVANÇOS TECNOLÓGICOS E INOVAÇÕES DIGITAIS APLICADAS À
TOMATICULTURA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA**

**TECHNOLOGICAL ADVANCES AND DIGITAL INNOVATIONS APPLIED TO
TOMATO CULTIVATION: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW**

Recebido em: 04/04/2026

Reenviado em: 31/05/2026

Aceito em: 02/07/2026

Publicado em: 27/07/2026

Josevaldo Moreira¹ 

Universidade do Estado do Mato Grosso

Maria Gláucia Dourado Furquim² 

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano

Adriana de Oliveira Dias³ 

Universidade do Estado do Mato Grosso

Daniela Cabral de Oliveira⁴ 

Universidade de Rio Verde

José Carlos de Sousa Júnior⁵ 

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano

Vitória Christina Maass⁶ 

Universidade de Rio Verde

Danihanne Borges e Silva⁷ 

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano

Resumo: O presente estudo realizou uma revisão sistemática de literatura sobre os avanços tecnológicos e inovações digitais aplicadas à tomaticultura (*Solanum lycopersicum L.*), com foco nas tecnologias emergentes associadas à Agricultura 4.0. Foram analisados dezoito artigos publicados entre 2016 e 2024 em bases indexadas, destacando o uso de técnicas como aprendizado profundo, espectroscopia hiperespectral, sensoriamento remoto, bioeletroquímica e modelagem tridimensional. Os resultados evidenciam progressos significativos na automação

¹ Discente da Universidade do Estado de Mato Grosso – campus Rondonópolis. Brasil, Mato Grosso e Rondonópolis. E-mail: josevaldo.m@unemat.br

² Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – campus Iporá. Brasil, Goiás e Iporá. E-mail: maria.furquim@ifgoiano.edu.br

³ Docente da Universidade do Estado de Mato Grosso – campus Alto Araguaia. Brasil, Mato Grosso e Alto Araguaia. E-mail: adriana.dias@unemat.br

⁴ Docente da Universidade de Rio Verde – campus Rio Verde. Brasil, Goiás e Rio Verde. E-mail: danielacaboliveira@gmail.com

⁵ Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – campus Iporá. Brasil, Goiás e Iporá. E-mail: josecarlos.junior@ifgoiano.edu.br

⁶ Discente da Universidade de Rio Verde – campus Rio Verde. Brasil, Goiás e Rio Verde. E-mail: vitoriachristinamaass@gmail.com

⁷ Discente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – campus Iporá. Brasil, Goiás e Iporá. E-mail: danihannesilva@estudante.ifgoiano.edu.br

de processos, no monitoramento fisiológico e na detecção precoce de doenças e distúrbios fisiológicos, permitindo maior eficiência produtiva e sustentabilidade. Contudo, observou-se escassez de estudos voltados à gestão, viabilidade econômica e adoção tecnológica em diferentes escalas produtivas. Conclui-se que a integração entre ciência, tecnologia e gestão é fundamental para consolidar a agricultura digital como vetor de inovação e sustentabilidade, reforçando a necessidade de pesquisas interdisciplinares que associem avanços técnicos à eficiência econômica e social das cadeias produtivas.

Palavras-chave: Agricultura Digital; Estado da Arte; Manufatura Inteligente.

Abstract: This study conducted a systematic literature review on technological advances and digital innovations applied to tomato cultivation (*Solanum lycopersicum* L.), focusing on emerging technologies associated with Agriculture 4.0. Eighteen articles published between 2016 and 2024 in indexed databases were analyzed, highlighting the use of techniques such as deep learning, hyperspectral spectroscopy, remote sensing, bioelectrochemistry, and three-dimensional modeling. The results reveal significant progress in process automation, physiological monitoring, and early detection of diseases and physiological disorders, enabling greater productivity and sustainability. However, there is a noticeable lack of studies addressing management, economic feasibility, and technology adoption across different production scales. It is concluded that the integration of science, technology, and management is essential to consolidate digital agriculture as a driver of innovation and sustainability, reinforcing the need for interdisciplinary research that links technical advances to the economic and social efficiency of agricultural value chains.

Keywords: Digital Agriculture; State of the Art; Smart Manufacturing.

INTRODUÇÃO

O avanço científico e tecnológico nas últimas décadas tem promovido transformações profundas nos diferentes campos do conhecimento, em especial nas ciências agrárias e nas engenharias aplicadas. Esse movimento de modernização é marcado pela convergência entre tecnologias digitais, inteligência artificial (IA), internet das coisas (IoT) e aprendizado de máquina, compondo o que Xu *et al.*, (2018) denominaram de Quarta Revolução Industrial. No contexto agrícola, esse paradigma se materializa na chamada Agricultura 4.0, que integra sensores, sistemas autônomos e plataformas de análise de dados para aumentar a eficiência produtiva e reduzir impactos ambientais (Wolfert, 2017). A digitalização dos processos agroindustriais tem permitido a coleta massiva de dados e a tomada de decisão baseada em evidências, com implicações diretas na produtividade, na rastreabilidade e na sustentabilidade das cadeias agroalimentares (Liakos *et al.*, 2018).

A aplicação de tecnologias inteligentes no campo constitui, assim, uma resposta estratégica às novas demandas globais por alimentos, energia e recursos naturais, num cenário de restrições climáticas e geopolíticas crescentes. Segundo Rose e Chilvers (2018), a inovação agrícola contemporânea transcende a simples adoção de máquinas ou softwares: ela envolve um ecossistema sociotécnico em que produtores, pesquisadores e políticas públicas interagem continuamente. Nesse contexto, a difusão de sistemas baseados em IA e aprendizado profundo tem proporcionado avanços substanciais no monitoramento de lavouras, na previsão de safras, no controle fitossanitário e na automação de processos pós-colheita (Ferentinos, 2018).

A literatura recente demonstra que os modelos baseados em redes neurais convolucionais e visão computacional vêm sendo amplamente empregados na detecção de pragas e doenças de plantas, na classificação de frutos por grau de maturação e na otimização de sistemas de irrigação (Rose; Chilvers, 2018). Essa integração entre hardware e software, aliada à disponibilidade de sensores ópticos e hiperespectral, tem permitido o desenvolvimento de soluções robustas e de baixo custo voltadas à agricultura de precisão (Das; Saha, 2022). Tais inovações tecnológicas não apenas reduzem custos operacionais, mas também ampliam a sustentabilidade dos sistemas produtivos, uma vez que permitem o uso racional de insumos e a mitigação de perdas (Liakos *et al.*, 2018).

No entanto, apesar dos avanços científicos observados, o ritmo de incorporação tecnológica varia significativamente entre regiões e cadeias produtivas. Estudos de Eastwood, Klerkx e Nettle (2017) apontam que fatores socioeconômicos, institucionais e culturais ainda limitam a plena adoção das tecnologias digitais na agricultura familiar e nos sistemas agroalimentares de pequena escala.

No Brasil, tais desafios são particularmente visíveis em regiões com menor infraestrutura digital e restrito acesso à capacitação técnica (Leite; Massruhá; Coral, 2024). A heterogeneidade tecnológica entre os elos das cadeias produtivas evidencia a necessidade de políticas públicas e de pesquisa voltadas à democratização do conhecimento e à adaptação das tecnologias às realidades locais.

A relevância das revisões sistemáticas de literatura nesse contexto é amplamente reconhecida, uma vez que elas permitem a identificação e a organização do conhecimento existente, além de apontar lacunas e tendências emergentes (Snyder, 2019). Conforme (Cronin; Ryan; Coughlan, 2008), esse método caracteriza-se por seu rigor e transparência, assegurando a reprodutibilidade das etapas de busca, seleção, análise e síntese dos estudos incluídos. Na área das ciências exatas e da terra, a revisão sistemática tem se consolidado como uma ferramenta essencial para avaliar o estado da arte em torno de tecnologias, práticas sustentáveis e processos de inovação (Vidal; Fukushima, 2021).

Sob esse prisma, a cultura do tomate possui expressiva relevância econômica e social no Brasil, destacando-se entre as hortaliças mais consumidas pela população, seja em sua forma fresca ou processada. Essa cadeia produtiva movimenta diversos segmentos, contribuindo significativamente para a geração de emprego e renda no meio rural e urbano (Furquim; Nascimento; Souza, 2020). O país figura entre os principais produtores mundiais de tomate, com uma produção diversificada que abrange tanto o cultivo destinado ao consumo in natura

quanto aquele voltado ao processamento industrial, o que justifica estudo direcionados ao setor (Furquim *et al.*, 2023).

Neste contexto, o presente estudo tem por objetivo identificar os avanços e as lacunas de pesquisa sobre o uso de tecnologias aplicadas à produção, processamento e controle de qualidade do tomate, por meio de uma revisão sistemática da literatura. Ao adotar esse método, busca-se apresentar um panorama científico que evidencie tanto as contribuições teóricas quanto as práticas experimentais recentes, oferecendo uma base consistente para futuros estudos e para o aprimoramento de políticas e estratégias voltadas ao fortalecimento da agricultura digital e sustentável.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza qualitativa, com caráter exploratório e descritivo, conduzida por meio de uma revisão sistemática de literatura. O procedimento técnico adotado seguiu o protocolo metodológico proposto por Filippi, Guarnieri e Cunha (2019), amplamente utilizado nas ciências agrárias e sociais aplicadas, o qual compreende cinco etapas: (i) formulação da questão de pesquisa; (ii) estabelecimento dos critérios de inclusão e exclusão; (iii) seleção e acesso à literatura; (iv) avaliação da qualidade dos estudos incluídos; e (v) análise, síntese e disseminação dos resultados (Sousa Júnior *et al.*, 2024; Filippi; Guarnieri, 2020).

A questão norteadora da pesquisa foi: quais avanços científicos e tecnológicos vêm sendo desenvolvidos entre 2016 e 2024 em torno da cultura do tomate (*Solanum lycopersicum* L.), considerando o uso de tecnologias aplicadas à produção, ao processamento e ao controle de qualidade? As buscas foram realizadas na base de dados Periódicos CAPES, reconhecida pela abrangência e relevância científica no contexto latino-americano. A coleta ocorreu entre janeiro e dezembro de 2024, utilizando descritores controlados e não controlados (*tomato*, *Solanum lycopersicum*, *technology*) combinados pelos operadores booleanos AND e OR.

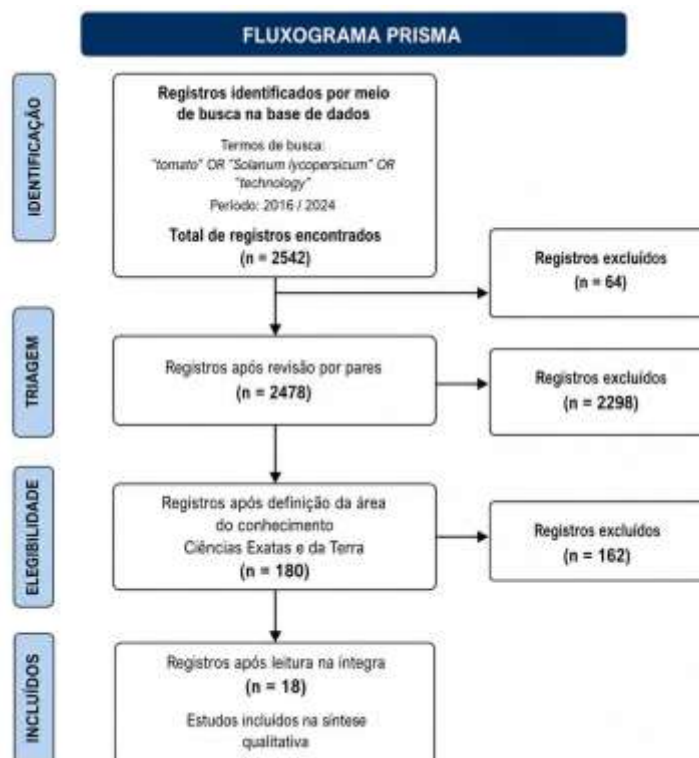
Parte-se da hipótese de que a produção científica publicada no período sobre tecnologias aplicadas à tomaticultura apresenta predominância de estudos voltados ao desenvolvimento e à validação de soluções tecnológicas baseadas em inteligência artificial, pressupondo que aspectos associados à gestão da inovação, à avaliação da viabilidade técnico-econômica, à transferência de tecnologia e à adoção dessas soluções em diferentes escalas de produção permanecem subexplorados, configurando lacunas relevantes para o avanço científico e tecnológico da cadeia produtiva do tomate.

Foram considerados elegíveis artigos científicos originais, revisados por pares, publicados entre 2016 e 2024, nos idiomas inglês e espanhol. A exclusão de estudos publicados em português foi definida previamente no protocolo da revisão, considerando que a maior parte das pesquisas de elevado impacto sobre tecnologias digitais, inteligência artificial e Agricultura 4.0 é divulgada em periódicos internacionais indexados nesses idiomas. Além disso, buscou-se padronizar o corpus documental, reduzindo a heterogeneidade decorrente da duplicidade de publicações e priorizando estudos com maior circulação internacional, sem prejuízo ao alcance dos objetivos da pesquisa.

Os critérios de inclusão restringiram-se a artigos científicos originais disponíveis nas bases, enquanto os critérios de exclusão eliminaram resumos, artigos completos publicados em anais de eventos, capítulos de livros, editoriais e revisões de literatura. Essa etapa foi conduzida conforme as recomendações metodológicas de Filippi e Guarnieri, (2020), assegurando rigor na seleção e relevância científica dos estudos analisados. Após a filtragem, os artigos foram organizados em planilha, contendo informações referentes a autores, título, periódico, ano e principais contribuições temáticas. Esse procedimento permitiu a identificação de tendências e lacunas de pesquisa sobre o tema. Foram selecionados dezoito artigos que atenderam integralmente aos critérios de elegibilidade.

A análise do conteúdo foi conduzida segundo o método de Bardin (2016), dividido em três fases: (1) pré-análise, destinada à organização e leitura flutuante dos textos; (2) exploração do material, com identificação de categorias temáticas relacionadas às tecnologias aplicadas à cultura do tomate; e (3) tratamento e interpretação dos resultados, etapa em que se realizou a síntese dos achados e a comparação entre abordagens teóricas e empíricas dos estudos (Dalla Valle; Ferreira, 2025). O fluxo dos procedimentos adotados é apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Identificação de estudos por meio de bases de dados e registros.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da revisão sistemática sobre o uso de tecnologias digitais aplicados à tomicultura revelaram que 2023 foi o período com maior número de publicações, considerando os critérios de inclusão e exclusão, coincidindo com o avanço da agricultura 4.0 e da integração de sistemas baseados em inteligência artificial (IA) e Internet das Coisas (IoT).

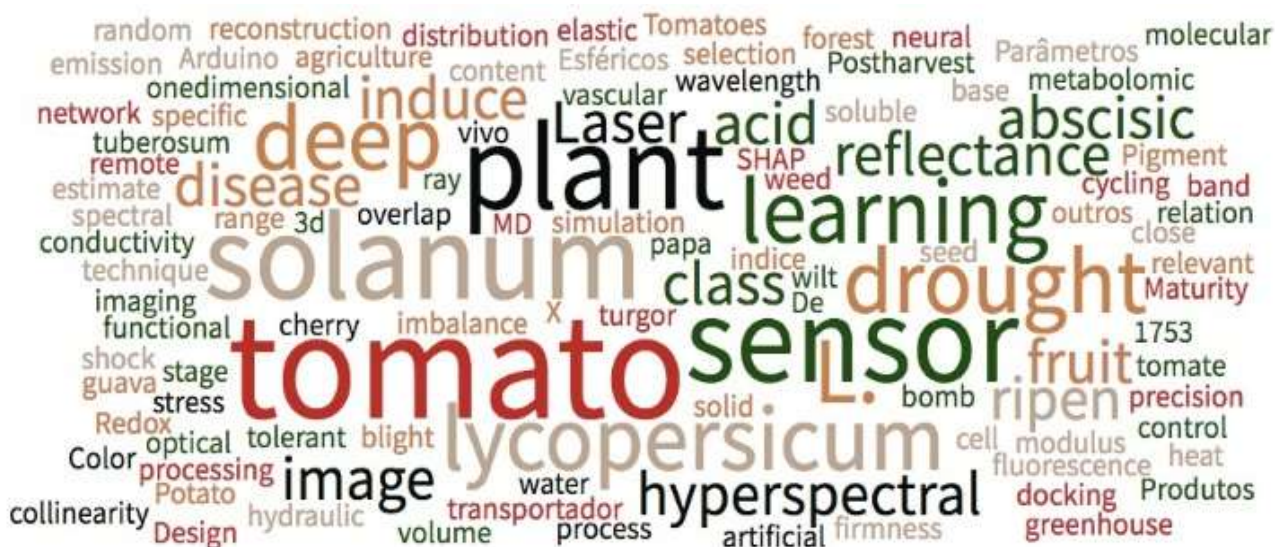
Os periódicos com maior número de publicações foram Smart Agricultural Technology, Scientific Reports, Frontiers in Plant Science e Horticulturae, reconhecidos pela difusão de estudos sobre sensoriamento, aprendizado de máquina e automação agrícola. Metodologicamente, os trabalhos apresentaram predominância de abordagens experimentais e quantitativas, utilizando aprendizado profundo, análise espectral e sensores ópticos.

Como estratégia complementar à análise qualitativa, foi elaborada uma nuvem de palavras a partir das palavras-chave e dos termos de maior recorrência identificados nos estudos selecionados. Embora esse recurso possua caráter predominantemente exploratório, sua utilização permitiu identificar padrões de frequência lexical e apoiar a organização inicial do corpus documental, subsidiando a etapa de exploração do material prevista na análise de conteúdo de Bardin (2016). A literatura demonstra que técnicas de mineração de texto e análise

de frequência de termos constituem instrumentos relevantes para sintetizar grandes volumes de informação, evidenciar conceitos recorrentes e auxiliar na identificação de tendências temáticas em revisões sistemáticas e estudos bibliométricos (Zupic; Čater, 2015; Donthu *et al.*, 2021).

Nessa perspectiva, a nuvem de palavras não foi empregada apenas como representação gráfica, mas como ferramenta analítica complementar para orientar a construção das categorias temáticas posteriormente consolidadas na análise de conteúdo. A interpretação conjunta da frequência e da coocorrência dos termos possibilitou identificar a predominância de conceitos relacionados à inteligência artificial, aprendizado profundo (*deep learning*), espectroscopia hiperespectral, sensoriamento remoto, monitoramento fisiológico e agricultura de precisão, evidenciando a convergência da produção científica recente em torno das tecnologias digitais associadas à Agricultura 4.0. Essas evidências forneceram subsídios para a categorização dos estudos e para a interpretação das tendências tecnológicas e das lacunas de pesquisa identificadas ao longo da revisão sistemática, conferindo maior robustez ao processo analítico (Aria; Cuccurullo, 2017; Donthu *et al.*, 2021).

Figura 2 – Nuvem de palavras com os termos usados nas palavras-chave.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Os trabalhos selecionados, são apresentados no quadro abaixo.

Quadro 1 – Artigos que atendem aos critérios de inclusão/exclusão.

Título	Autores	Periódico	Ano
Automatic blight disease detection in potato (<i>Solanum tuberosum</i> L.) and tomato (<i>Solanum lycopersicum</i> , L. 1753) plants using deep learning	Anim-Ayeko <i>et al.</i>	Smart Agricultural Technology	2023
Enriching drought resistance in <i>Solanum lycopersicum</i> using Absciscic acid as drought enhancer derived from <i>Lygodium japonicum</i> : A new-fangled computational approach	Perveen <i>et al.</i>	Plant Science	2023
Early detection of <i>Solanum lycopersicum</i> diseases from temporally-aggregated hyperspectral measurements using machine learning	Tomaszewski <i>et al.</i>	Nature	2023
Detection of significant wavelengths for identifying and classifying <i>Fusarium oxysporum</i> during the incubation period and water stress in <i>Solanum lycopersicum</i> plants using reflectance spectroscopy	Ortiz <i>et al.</i>	Journal of Plant Protection Research	2019
Design Of Environmental Conditions Of Transportation Simulation Instruments On Tomato (<i>Solanum Lycopersicum</i>)	Mufidah <i>et al.</i>	Journal of Tropical Agricultural Engineering and Biosystems	2023
Deep Learning and Hyperspectral Images Based Tomato Soluble Solids Content and Firmness Estimation	Xiang <i>et al.</i>	Plant Science	2022
In Vivo Plant Bio-Electrochemical Sensor Using Redox Cycling	Dotan <i>et al.</i>	Biosensors	2023
Blossom End Rot Tomato Fruit Diagnosis for In Situ Cell Analyses with Real Time Pico-Pressure Probe Ionization Mass Spectrometry	Gholipour <i>et al.</i>	Environmental Control in Biology	2017
Utilizing laser spectrochemical analytical methods for assessing the ripening progress of tomato	Ali <i>et al.</i>	Journal of Food Measurement and Characterization	2022
Exploring Efficient Methods for Using Multiple Spectral Reflectance Indices to Establish a Prediction Model for Early Drought Stress Detection in Greenhouse Tomato	Fang <i>et al.</i>	Horticulturae	2023
Chlorophyll content estimation and ripeness detection in tomato fruit based on NDVI from dual wavelength lidar point cloud data	Saha <i>et al.</i>	Journal of Food Engineering	2024
Proposal of Color Index Ranges According to Ripeness Stages in Fruits	Molina <i>et al.</i>	Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias	2019
Model and Software for the Regulation of an Inclined Belt Sorter for Agricultural Products	Cepero <i>et al.</i>	Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias	2021
DeepFake Weeds: integración de redes neuronales y stable diffusion para la detección de malas hierbas en cultivos de tomate	Moreno <i>et al.</i>	Revista de Ciências Agrárias	2024
A Robust Deep-Learning-Based Detector for Real-Time Tomato Plant Diseases and Pests Recognition	Fuentes <i>et al.</i>	Sensors	2017
Smart control of soil water and salt content for improving irrigation management of tomato crop field: Kairouan area	Besma <i>et al.</i>	Environmental Monitoring and Assessment	2023
Estimación del volumen del tomate mediante la técnica de reconstrucción 3D	Paz <i>et al.</i>	Computación y Sistemas	2021
Tomato seed image analysis during the maturation	Borges <i>et al.</i>	Journal of Seed Science	2019

Fonte: Elaborado pelos autores.

Pesquisas como as de Anim-Ayeko, Schillaci e Lipani (2023), Tomaszewski *et al.*, (2023), Xiang *et al.*, (2022) e Fuentes *et al.*, (2017) empregaram aprendizado de máquina e imagens hiperespectrais para o diagnóstico precoce de doenças e avaliação da qualidade do fruto. Xiang *et al.*, (2022) elaboraram uma técnica não destrutiva para estimar o teor de sólidos solúveis (SSC) e a firmeza de tomates cereja (*Solanum lycopersicum*) utilizando imagens hiperespectrais combinadas com aprendizado profundo. O estudo conclui que a combinação de imagens hiperespectrais e aprendizado profundo oferece grande potencial para avaliações rápidas, precisas e não destrutivas da qualidade de frutos, podendo ser aplicada em outras culturas agrícolas.

Por sua vez, Anim-Ayeko, Schillaci e Lipani (2023) desenvolveram um modelo de aprendizado profundo capaz de detectar automaticamente as doenças requeima precoce e tardia em folhas de batata e tomate, utilizando um conjunto de dados PlantVillage, composto por 6.652 imagens classificadas como saudáveis ou infectadas, aplicando-se técnicas de normalização e aumento de dados para balanceamento das classes. O modelo proposto, ResNet-9 alcançou 99,25% de acurácia, superando o modelo de referência VGG-16. à agricultura de precisão e sugere futuras aplicações em outras culturas e variáveis ambientais.

Tomaszewski *et al.*, (2023), criaram um método não invasivo para detectar precocemente doenças do tomateiro, como requeima, pinta-preta e mancha-de-septoria, utilizando dados hiperespectrais combinados a algoritmos de aprendizado de máquina. A pesquisa buscou antecipar o diagnóstico para menos de sete dias após a infecção, permitindo respostas mais rápidas no manejo agrícola. O melhor desempenho foi obtido pelo classificador Ridge, alcançando F1-score de até 0,94 e acurácia superior a 90%, com detecção eficaz em até três dias pós-inoculação para doenças como requeima precoce e antracnose.

Complementarmente, o estudo de Fuentes *et al.*, (2017), teve como objetivo desenvolver e avaliar modelos de aprendizado profundo baseados em redes neurais convolucionais (CNNs) para a detecção e diagnóstico automatizado de doenças em plantas a partir de imagens de folhas, tanto saudáveis quanto infectadas. Utilizando um banco de dados com 87.848 imagens de 25 espécies vegetais em 58 classes de combinações planta/doença, o autor testou diferentes arquiteturas de CNNs, incluindo AlexNet, GoogLeNet e VGG, sendo esta última a mais eficaz. O modelo final alcançou uma taxa de acerto de 99,53% na identificação correta das doenças, demonstrando a alta precisão e aplicabilidade dos métodos de deep learning em sistemas de diagnóstico agrícola. O estudo destaca ainda a importância de imagens obtidas em condições

reais de campo para o aumento da robustez dos modelos e sugere seu potencial uso em aplicativos móveis e sistemas de agricultura de precisão.

O trabalho de Moreno *et al.*, (2024) converge com as iniciativas anteriormente apresentadas que exploram o aprendizado profundo e sensores ópticos para o diagnóstico e o monitoramento de culturas. O estudo integra redes neurais profundas com modelos generativos baseados em Stable Diffusion (SD) para aprimorar a detecção automática de plantas daninhas em cultivos de tomate. A pesquisa demonstra que o uso de imagens sintéticas, produzidas a partir de amostras limitadas, pode ampliar o desempenho de algoritmos como YOLOv8l e RetinaNet, ao elevar o mean Average Precision (mAP@0.5) para 0,93. Esse ganho evidencia o potencial das técnicas de geração de dados artificiais para superar limitações de conjuntos de dados reduzidos e onerosos, além de reduzir custos e tempo de rotulagem manual, aspectos críticos no treinamento de modelos robustos de visão computacional aplicados ao campo.

Os estudos Machado-Molina, García-Pereira e Machado-García (2019), Ali, El-Saeid e Abdel-Harith (2022) e Saha *et al.*, (2024) evidenciam o avanço das metodologias não destrutivas aplicadas à determinação dos estágios de maturação do tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Em termos gerais, os trabalhos convergem na busca por técnicas precisas, rápidas e objetivas que permitam substituir métodos empíricos ou destrutivos tradicionalmente utilizados na avaliação da qualidade e maturação dos frutos.

O artigo de Machado-Molina, García-Pereira e Machado-García (2019) destaca-se pela proposição de índices de cor (IC*) baseados em parâmetros colorimétricos (L^* , a^* , b^*), obtidos por meio de imagens digitais e processados em ambiente computacional. O estudo representa um marco na padronização de faixas numéricas de cor que possibilitam classificar o grau de maturação de mamão, goiaba e tomate, o que demonstra correlações significativas entre o índice colorimétrico e as propriedades físico-químicas e organolépticas dos frutos. Essa abordagem estabeleceu bases para métodos quantitativos simples e de baixo custo, constituindo uma ferramenta de apoio à determinação do ponto ideal de colheita.

Por sua vez, Ali, El-Saeid e Abdel-Harith (2022) ampliaram a abordagem ao empregar técnicas espectroquímicas avançadas, como Laser-Induced Fluorescence (LIF) e Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS), aplicadas à classificação dos estágios de maturação do tomate. O uso de lasers possibilitou detectar variações sutis no teor de clorofila e nos elementos minerais durante o amadurecimento, com altos coeficientes de correlação ($R^2 \geq 0,85$) entre os dados espectrais e as variáveis físico-químicas. O estudo representa um avanço metodológico

relevante, ao demonstrar o potencial de sistemas ópticos de alta resolução para análises *in situ*, viabilizando aplicações industriais em linhas automatizadas de classificação pós-colheita.

Saha *et al.*, (2024) avançaram ao utilizar dados tridimensionais obtidos por sensores LiDAR de dupla emissão (660 e 905 nm) para estimar o teor de clorofila e classificar o amadurecimento de tomates. O cálculo do índice NDVI-LiDAR e sua correlação com medições químicas ($R^2 = 0,60$) evidenciam o potencial da tecnologia para aplicações em agricultura de precisão, particularmente na colheita seletiva e no monitoramento automatizado da maturação.

Os estudos de Ortiz, Carvajal e Fernandez (2019), Perween *et al.*, (2023) e Fang *et al.*, (2023) apresentam abordagens computacionais, espectrais e de aprendizado de máquina aplicadas ao monitoramento fisiológico e à resistência do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) frente a estresses bióticos e abióticos. Perween *et al.*, (2023), introduzem uma abordagem *in silico* de modelagem molecular para aprimorar a tolerância à seca em *S. lycopersicum*. A pesquisa destacou o potencial do ácido abscísico (ABA) derivado de *Lygodium japonicum* como agente bioativo com elevada afinidade de ligação ao fator de transcrição WRKY, fundamental na regulação de respostas a estresses abióticos. A combinação de triagem virtual, molecular docking e simulações dinâmicas de 100 ns confirmou a estabilidade conformacional do complexo proteína-ligante e evidenciou energia de ligação favorável (-7,4 kcal/mol). Esses resultados representam um avanço teórico relevante, ao fornecer bases moleculares para o desenvolvimento de bioestimulantes ou fitoreguladores aplicáveis ao melhoramento genético e à biotecnologia vegetal.

Por outro lado, de Ortiz, Carvajal e Fernandez (2019), ao empregar espectroscopia de reflectância (380–1000 nm), alcançaram progresso prático no diagnóstico precoce da murcha vascular causada por *Fusarium oxysporum*, diferenciando-a de sintomas de estresse hídrico. O uso de transformações SNV, algoritmos RELIEF e análise discriminante linear permitiu classificação correta de mais de 85% das amostras até nove dias antes da manifestação visual da doença. O estudo demonstrou que a assinatura espectral de plantas infectadas apresenta variações características nos comprimentos de onda visível e infravermelho próximo, consolidando a espectroscopia como ferramenta diagnóstica promissora para manejo fitossanitário de precisão.

Complementarmente, Fang *et al.*, (2023) aplicaram índices de reflectância espectral (SRIs) associados a técnicas de aprendizado de máquina, especialmente o algoritmo Random Forest, para detecção precoce de estresse hídrico em ambientes controlados. O modelo otimizado, baseado em apenas seis bandas espectrais (510, 560, 680, 705, 750 e 900 nm),

alcançou acurácia superior a 85%, mesmo com reamostragem e redução de variáveis. A combinação entre SRIs e aprendizado de máquina evidenciou a possibilidade de diagnóstico rápido e automatizado de déficits hídricos, com potencial aplicação em sistemas de irrigação de precisão e manejo sustentável.

Os estudos de Mufidah *et al.*, (2023) e Torres-Cepero, Martínez-Rodríguez e Rosário (2021) evidenciam aplicação de tecnologias de automação e instrumentação no pós-colheita de tomates (*Solanum lycopersicum*), com foco na redução de perdas, melhoria da eficiência operacional e otimização de processos logísticos e de classificação. Ambos os trabalhos apresentam abordagens complementares, demonstrando a crescente integração entre engenharia agrícola, mecatrônica e modelagem computacional no contexto da agricultura de precisão e do manejo pós-colheita. Mufidah *et al.*, (2023) propuseram instrumento baseado em Arduino para o monitoramento em tempo real de variáveis ambientais durante o transporte de tomates, incluindo temperatura, umidade e vibração. A calibração e validação dos sensores indicaram alta precisão e confiabilidade, com correlação $R^2 = 0,9885$ para temperatura e $R^2 = 0,8088$ para vibração, além de coeficiente de confiabilidade de 0,90. Os resultados experimentais demonstraram uma relação direta entre a intensidade das vibrações e o aumento de danos físicos nos frutos, confirmando a relevância do controle dessas variáveis para a preservação da qualidade e redução de perdas pós-colheita. O desenvolvimento do dispositivo representa um avanço tecnológico relevante, pois oferece uma ferramenta acessível, precisa e replicável para o monitoramento ambiental automatizado em cadeias logísticas de produtos hortícolas sensíveis.

Por sua vez, o estudo de Torres-Cepero, Martínez-Rodríguez e Rosário (2021) apresentou uma contribuição complementar ao propor um modelo mecânico-matemático e um software para regular uma mesa classificadora inclinada, aplicável à separação de tomates, batatas e outros produtos esféricos. O modelo fundamentou-se nas leis da mecânica newtoniana, simulando as forças e trajetórias que atuam sobre os produtos em movimento, considerando fatores como o ângulo de inclinação, atrito, velocidade e massa dos frutos. O software desenvolvido no Mathcad 2000 Professional permitiu a análise de diferentes condições operacionais e forneceu parâmetros ideais para a regulação da esteira, otimizando a eficiência e a precisão da classificação automática.

Gholipour, Erra-Balsells e Nonami (2017) integraram microanálise físico-química e espectrometria de massa de alta resolução (picoPPI-MS) para investigar os mecanismos associados ao distúrbio fisiológico blossom end rot (BER). Os resultados demonstram que o

BER não decorre exclusivamente da deficiência de cálcio, mas de um conjunto de alterações hídricas, estruturais e metabólicas, incluindo acúmulo de ácidos orgânicos, aumento do turgor celular e elevação de compostos como ácido abscísico e fenóis. O estudo representa um avanço metodológico ao permitir a caracterização em nível celular de processos fisiológicos dinâmicos, oferecendo subsídios para estratégias de manejo nutricional e fisiológico mais precisos.

De forma complementar, Dotan *et al.*, (2023) introduziram um sistema bioeletroquímico baseado em redox cycling, desenvolvido para medir em tempo real as respostas metabólicas de células vegetais. O sensor, testado em células e plantas transgênicas de tomate e tabaco, mostrou alta sensibilidade e velocidade na detecção de atividade enzimática e respostas ao estresse térmico, com amplificação de sinal até 12 vezes e eficiência de coleta superior a 80%. A tecnologia propõe um método não destrutivo e de resposta rápida, superando limitações de técnicas tradicionais, e apresenta potencial para integração em sistemas automatizados de monitoramento fisiológico em agricultura de precisão.

O artigo Zavala de Paz *et al.*, (2021) emprega reconstrução tridimensional (3D) para estimar, de forma quantitativa e não destrutiva, o volume de frutos de tomate. A metodologia baseada em captura de imagens multivista e triangulação de Delaunay mostrou alta precisão (97,55%) em relação ao método convencional de deslocamento de água, com erro inferior a 2,5%. Essa abordagem representa um avanço científico e tecnológico expressivo, pois permite o monitoramento automatizado da geometria e do tamanho dos frutos, contribuindo para sistemas de classificação, padronização comercial e redução de perdas pós-colheita. Além disso, o uso de técnicas de visão computacional e modelagem volumétrica reforça o potencial da digitalização no controle de qualidade de produtos agrícolas.

De forma complementar, o artigo Borges *et al.*, (2019) introduziram a aplicação de radiografia por raios X na avaliação morfológica interna de sementes de tomate em diferentes estádios de maturação. O estudo estabeleceu uma correlação robusta entre as características radiográficas como a área livre entre o embrião e o endosperma e os parâmetros fisiológicos de germinação e vigor, identificando que sementes coletadas aos 60 e 70 dias após a polinização apresentam melhor qualidade fisiológica. Essa técnica, além de não destrutiva, possibilita análises rápidas e precisas da maturidade fisiológica, constituindo um instrumento promissor para o controle de qualidade e seleção de lotes de sementes de alto desempenho.

O estudo de Bisma *et al.*, (2023) empregou sensores inteligentes integrados a sistemas de Internet das Coisas (IoT) para o monitoramento simultâneo da umidade e salinidade do solo em tempo real. O experimento, conduzido na região semiárida de Kairouan, Tunísia,

demonstrou a calibração e validação de sondas TEROs 11/12 acopladas ao datalogger ZL6, com transmissão contínua de dados via ZENTRA Cloud, permitindo ajustes dinâmicos nas estratégias de irrigação. O estudo obteve coeficientes de correlação elevados entre os valores medidos pelas sondas e os métodos laboratoriais padrão, atingindo R^2 de 0,95 a 0,96, o que confirma a confiabilidade do sistema em diferentes profundidades do solo. Os resultados evidenciaram que a irrigação inteligente, baseada em dados calibrados, possibilita a manutenção do teor de água próximo à capacidade de campo, reduz perdas por salinização e otimiza o uso da água, um avanço importante para a agricultura de precisão em regiões áridas e semiáridas.

Os avanços tecnológicos identificados na presente revisão sistemática evidenciam um movimento consistente em direção à digitalização e automação dos processos produtivos na tomaticultura. As tecnologias emergentes como aprendizado profundo, sensoriamento óptico, espectroscopia hiperespectral, bioeletroquímica e modelagem tridimensional têm proporcionado ganhos expressivos na precisão, rapidez e sustentabilidade das práticas agrícolas (Ferentinos, 2018; Xiang *et al.*, 2022; Dotan *et al.*, 2023). Esses recursos permitiram o desenvolvimento de sistemas capazes de diagnosticar doenças, monitorar variáveis fisiológicas e otimizar processos de pós-colheita com elevada acurácia, confirmando o potencial da Agricultura 4.0 para transformar cadeias produtivas de hortaliças de alto valor agregado, como o tomate (Wolfert, 2017).

Contudo, embora as inovações tecnológicas representem um marco na modernização do setor, a literatura ainda revela escassez de estudos voltados à análise dos impactos gerenciais e econômicos dessas ferramentas no contexto produtivo e logístico. A maior parte das pesquisas concentra-se em aspectos técnicos e laboratoriais, negligenciando dimensões como custo-benefício, retorno sobre investimento, aceitação por produtores e viabilidade de adoção em diferentes escalas (Rose; Chilvers, 2018; Eastwood; Klerkx; Nettle, 2017). Essa lacuna evidencia a necessidade de estudos interdisciplinares que integrem engenharia, gestão e ciências sociais aplicadas, permitindo compreender de forma sistêmica os efeitos das tecnologias sobre a eficiência operacional, a governança e a competitividade das cadeias agroindustriais.

Dessa forma, recomenda-se que futuras pesquisas priorizem abordagens que associem o avanço tecnológico à gestão estratégica e à sustentabilidade econômica da tomaticultura. Investigações que explorem modelos de avaliação de desempenho, análise de custos e indicadores de impacto ambiental e social poderão contribuir significativamente para a

consolidação da agricultura digital como um vetor de inovação responsável e inclusiva (Liakos *et al.*, 2018; Leite; Massruhá; Coral, 2024).

Assim, o fortalecimento da interface entre ciência, tecnologia e gestão torna-se fundamental para a ampliação da viabilidade técnica e econômica das soluções desenvolvidas, assegurando que os benefícios da transformação digital alcancem produtores de diferentes portes e contextos produtivos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As inovações tecnológicas aplicadas à tomaticultura têm promovido avanços expressivos na agricultura de precisão, destacando-se o uso de técnicas de aprendizado profundo, sensoriamento hiperespectral e modelagem tridimensional. Essas tecnologias potencialmente permitem maior eficiência produtiva, redução de perdas e aprimoramento do monitoramento fisiológico e da qualidade dos frutos, evidenciando o papel estratégico da Agricultura 4.0 no fortalecimento da competitividade e sustentabilidade do setor.

Apesar dos progressos observados, ainda há carência de estudos voltados à avaliação dos impactos econômicos, gerenciais e sociais decorrentes da adoção dessas tecnologias. A maioria das pesquisas concentra-se em aspectos técnicos, sem considerar de forma ampla sua aplicabilidade e viabilidade em diferentes contextos produtivos. Futuras investigações devem priorizar análises que integrem tecnologia, gestão e sustentabilidade, abordando a viabilidade econômica e operacional das inovações na tomaticultura. Também se recomenda o desenvolvimento de estudos que considerem o impacto das transformações digitais sobre a eficiência e a sustentabilidade das cadeias produtivas agrícolas.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelos apoios financeiros, Chamada CNPq/MCTI N° 10/2023 - Faixa A - Grupos Emergentes, Processo: n° 408832/2023-1 e Chamada CNPq n° 18/2024 - Bolsa de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora - DT, Processo: 311354/2025-4. Ao Centro de Excelência em Agricultura Exponencial (CEAGRE) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás – FAPEG pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ALI, L. M.; EL-SAEID, R. H.; ABDEL-HARITH, M. Utilizing laser spectrochemical analytical methods for assessing the ripening progress of tomato. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 16, n. 5, p. 3054–3061, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01407-0>.

ANIM-AYEKO, A. O.; SCHILLACI, C.; LIPANI, A. Automatic blight disease detection in potato (*Solanum tuberosum* L.) and tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants using deep learning. **Smart Agricultural Technology**, v. 4, p. 100178, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100178>.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959–975, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

BESMA, Z.; KHASKHOUSY, K.; ZOUARI, M.; SOUGUIR, D.; KHAMMERI, Y.; MOUSSA, M.; HACHICHA, M. Smart control of soil water and salt content for improving irrigation management of tomato crop field: Kairouan area. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 195, p. 1408, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-023-12019-6>.

BORGES, S. R. S.; SILVA, P. P.; ARAÚJO, F. S.; SOUZA, F. F. J.; NASCIMENTO, W. M. Tomato seed image analysis during the maturation. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 1, p. 22–31, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v41n1191888>.

CRONIN, P.; RYAN, F.; COUGHLAN, M. Undertaking a literature review: a step-by-step approach. **British Journal of Nursing**, v. 17, n. 1, p. 38–43, 2008. DOI: <https://doi.org/10.12968/bjon.2008.17.1.28059>.

DALLA VALLE, P. R.; FERREIRA, J. L. Análise de conteúdo na perspectiva de Bardin: contribuições e limitações para a pesquisa qualitativa em educação. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v. 41, e49377, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-469849377>.

DAS, P.; SAHA, K. Artificial intelligence in agriculture. In: SINGH, Y. V. (ed.). **Sustainable Agriculture: Advances and Applications**. New Delhi: Integrated Publications, 2022. p. 121–147. DOI: <https://doi.org/10.22271/int.book.199>.

DONTHU, N.; KUMAR, S.; MUKHERJEE, D.; PANDEY, N.; LIM, W. M. How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. **Journal of Business Research**, v. 133, p. 285–296, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>.

DOTAN, T.; JOG, A.; KADAN-JAMAL, K.; AVNI, A.; SHACHAM-DIAMAND, Y. In vivo plant bio-electrochemical sensor using redox cycling. **Biosensors**, v. 13, n. 2, p. 219–233, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/bios13020219>.

EASTWOOD, C.; KLERKX, L.; NETTLE, R. Dynamics and distribution of public and private research and extension roles for technological innovation and diffusion. **Agricultural Systems**, v. 155, p. 153–165, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.04.010>.

FANG, S.-L.; CHENG, Y.-J.; TU, Y.-K.; YAO, M.-H.; KUO, B.-J. Exploring efficient methods for using multiple spectral reflectance indices to establish a prediction model for early drought stress detection in greenhouse tomato. **Horticulturae**, v. 9, n. 12, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae9121317>.

FERENTINOS, K. P. Deep learning models for plant disease detection and diagnosis. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 145, p. 311–318, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.01.009>.

FILIPPI, A. C. G.; GUARNIERI, P. Revisão sistemática da literatura: aplicações e desafios metodológicos. **Gestão & Produção**, v. 27, n. 3, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/0104-530X5374-20>.

FILIPPI, A. C. G.; GUARNIERI, P.; CUNHA, C. A. da. Condomínios rurais: revisão sistemática da literatura internacional. **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 27, n. 3, p. 525–546, 2019.

FUENTES, A.; YOON, S.; KIM, S. C.; PARK, D. S. A robust deep-learning-based detector for real-time tomato plant diseases and pests recognition. **Sensors**, v. 17, n. 9, p. 2022, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/s17092022>.

FURQUIM, M. G. D.; NASCIMENTO, A. R.; SOUZA, C. B. Panorama geral da tomaticultura no Estado de Goiás: uma análise descritiva a partir de levantamento bibliográfico. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4310>.

FURQUIM, M. G. D.; NASCIMENTO, A. R.; SOUZA, C. B.; CORCIOLI, G. Preço no atacado e área para produção: o caso do tomate de mesa no Estado de Goiás. **Informe GEPEC**, v. 27, n. 1, p. 58–77, 2023. DOI: <https://doi.org/10.48075/igepec.v27i1.29527>.

GHOLIPOUR, Y.; ERRA-BALSELLS, R.; NONAMI, H. Blossom end rot tomato fruit diagnosis for in situ cell analyses with real time pico-pressure probe ionization mass spectrometry. **Environmental Control in Biology**, v. 55, n. 1, p. 41–51, 2017. DOI: <https://doi.org/10.2525/ecb.55.41>.

LEITE, M. A. de A.; MASSRUHÁ, S. M. F. S.; CORAL, K. J. Agricultura digital, inovação e aplicações. In: SILVA, F. C. da; FREIRE, F. J. (org.). **Inovação e desenvolvimento em cana-de-açúcar: manejo, nutrição, bioinsumos, recomendação de corretivos e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa; Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2024. cap. 2, p. 39–60.

LIAKOS, K. G.; BUSATO, P.; MOSHOU, D.; PEARSON, S.; BOCHTIS, D. Machine learning in agriculture: a review. **Sensors**, v. 18, n. 8, p. 2674, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/s18082674>.

MACHADO-MOLINA, M.; GARCÍA-PEREIRA, A.; MACHADO-GARCÍA, N. Proposal of color index ranges according to ripeness stages in fruits. **Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias**, v. 28, n. 4, p. 19–27, 2019.

MORENO, H.; GÓMEZ, A.; RIBEIRO, Á.; ANDÚJAR, D. DeepFake weeds: integration of neural networks and stable diffusion for weed detection in tomato crops. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 47, n. 2, p. 45–58, 2024.

MUFIDAH, Z.; JORDY, A. R.; FIL’AINI, R.; TELAUMBANUA, M.; FATIKHUNNADA, A. Design of environmental conditions of transportation simulation instruments on tomato

(*Solanum lycopersicum*). **Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem**, v. 11, n. 1, p. 92–104, 2023. DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2023.011.01.09>.

ORTIZ, J. C. M.; CARVAJAL, L. M. H.; FERNANDEZ, V. B. Detection of significant wavelengths for identifying and classifying *Fusarium oxysporum* during the incubation period and water stress in *Solanum lycopersicum* plants using reflectance spectroscopy. **Journal of Plant Protection Research**, v. 59, n. 2, p. 244–254, 2019. DOI: <https://doi.org/10.24425/jppr.2019.129290>.

PERWEEN, K. *et al.* Enriching drought resistance in *Solanum lycopersicum* using abscisic acid as drought enhancer derived from *Lygodium japonicum*: a computational approach. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, p. 1106857, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1106857>.

ROSE, D. C.; CHILVERS, J. Agriculture 4.0: broadening responsible innovation in an era of smart farming. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 2, p. 87, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00087>.

SAHA, K. K.; WELTZIEN, C.; BOOKHAGEN, B.; ZUDE-SASSE, M. Chlorophyll content estimation and ripeness detection in tomato fruit based on NDVI from dual wavelength LiDAR point cloud data. **Journal of Food Engineering**, v. 383, p. 112218, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2024.112218>.

SNYDER, H. Literature review as a research methodology: an overview and guidelines. **Journal of Business Research**, v. 104, p. 333–339, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>.

SOUSA JÚNIOR, J. C.; SOUZA, C. B.; BARREIRA, S.; ROCHA, F. R. T. Produção científica sobre apicultura numa perspectiva multidisciplinar: uma revisão sistemática de literatura. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 27, n. 2, p. 133–144, 2024. DOI: <https://doi.org/10.34024/rbma.2024.v27.133144>.

TOMASZEWSKI, M.; NALEPA, J.; MOLISZEWSKA, E.; RUSZCZAK, B.; SMYKAŁA, K. Early detection of *Solanum lycopersicum* diseases from temporally aggregated hyperspectral measurements using machine learning. **Scientific Reports**, v. 13, p. 7671, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-34079-x>.

TORRES-CEPERO, R.; MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, A.; ROSÁRIO, A. Model and software for the regulation of an inclined belt sorter for agricultural products. **Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias**, v. 30, n. 3, p. 45–55, 2021.

VIDAL, E. I. O.; FUKUSHIMA, F. B. A arte e a ciência de escrever um artigo científico de revisão. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 37, n. 4, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00063121>.

WOLFERT, S.; GE, L.; VERDOUW, C.; BOGAARDT, M.-J. Big data in smart farming: a review. **Agricultural Systems**, v. 153, p. 69–80, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>.

XIANG, Y. *et al.* Non-destructive estimation of soluble solids content and firmness in cherry tomatoes using hyperspectral imaging and deep learning. **Postharvest Biology and Technology**, v. 194, p. 112122, 2022.

XU, M.; DAVID, J. M.; KIM, S. H. The fourth industrial revolution: opportunities and challenges. **International Journal of Financial Research**, v. 9, n. 2, p. 90–95, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5430/ijfr.v9n2p90>.

ZAVALA DE PAZ, J. P.; BUCIO CASTILLO, F. J.; ANAYA RIVERA, E. K.; ISAZA BOHORQUEZ, C. A.; CASTILLO VELÁSQUEZ, F. A.; RIZZO SIERRA, J. A. Estimating volume of the tomato fruit by 3D reconstruction technique. **Computación y Sistemas**, v. 25, n. 4, p. 813–820, 2021. DOI: <https://doi.org/10.13053/CyS-25-4-4043>.