



De 11 a 14 - NOVEMBRO DE 2024

**Inteligência Artificial
na Gestão de Operações:**
Limitações e possibilidades



O IMPACTO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DO BIG DATA NA GESTÃO AGRÍCOLA

ALINE MARTINS GOMES – ali.gomes01@gmail.com
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ - UEM

DANIELLY SOARES – daniellysoares2001@gmail.com
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ – UEM

FRANCIELLE CRISTINA FENERICH – fcfenerich@uem.br
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ – UEM

LUCIMARA FERREIRA DA SILVA – lucimaraferreira482@gmail.com
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ – UEM

MARCO ANTONIO FERREIRA – adm.marcoferreira@gmail.com
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ – UEM

ÁREA: 1. ENGENHARIA DE OPERAÇÕES E PROCESSOS DA PRODUÇÃO
SUBÁREA: 1.1 GESTÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO E OPERAÇÕES

RESUMO: A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA) ESTÁ REVOLUCIONANDO A MANEIRA COMO AS EMPRESAS GERENCIAM SUAS OPERAÇÕES, IMPULSIONANDO A EFICIÊNCIA E FOMENTANDO A INOVAÇÃO EM DIVERSOS SETORES, INCLUINDO A AGRICULTURA. UTILIZANDO ALGORITMOS AVANÇADOS E ANÁLISE DE DADOS, A IA PERMITE UMA TOMADA DE DECISÃO MAIS PRECISA E RÁPIDA, OTIMIZANDO PROCESSOS, REDUZINDO CUSTOS E MELHORANDO A QUALIDADE DOS PRODUTOS OU SERVIÇOS OFERECIDOS, COMO NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA. ESTA PESQUISA TEVE COMO OBJETIVO ANALISAR O USO CONJUNTO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA) E BIG DATA PARA APRIMORAR A GESTÃO DE OPERAÇÕES NO CONTEXTO DA AGRICULTURA. POR MEIO DE UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA, FORAM EXPLORADAS AS APLICAÇÕES EMERGENTES DESSAS TECNOLOGIAS, BEM COMO OS BENEFÍCIOS, DESAFIOS E MELHORES PRÁTICAS ASSOCIADAS A ESSA INTEGRAÇÃO. OS ESTUDOS REVISADOS ENFATIZAM O IMPACTO POSITIVO DAS TECNOLOGIAS EMERGENTES COMO INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, BIG DATA, INTERNET DAS COISAS E SISTEMAS DE GÊMEOS DIGITAIS NA AGRICULTURA E PECUÁRIA. APESAR DOS BENEFÍCIOS EVIDENTES, DESAFIOS COMO A INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS, A INTEROPERABILIDADE DE DADOS, A SEGURANÇA CIBERNÉTICA E A PRIVACIDADE DOS DADOS PRECISAM SER ABORDADOS PARA ASSEGURAR O SUCESSO CONTÍNUO DESSAS INOVAÇÕES.

PALAVRAS-CHAVES: INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL; BIG DATA; GESTÃO DE PRODUÇÃO; AGRICULTURA.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o progresso da indústria e da tecnologia levou a estudos focados na redução de despesas, otimização da gestão de recursos e aprimoramento da eficácia na produção e qualidade dos produtos. Os princípios da Indústria 4.0 compartilham esses objetivos. A era digital está substituindo práticas convencionais, e a Inteligência Artificial (IA) surge como uma oportunidade para alinhar tecnologias de IA com os avanços da Indústria 4.0. A incorporação da IA nos processos fabris pode otimizar significativamente os custos de produção e melhorar a qualidade dos produtos, como mostram diversas pesquisas (REZAZADEGAN, SHARIFZADEH, 2022; CORTI *et al.*, 2021).

Na agricultura, a IA possibilita a automação de tarefas repetitivas, como monitoramento de culturas, controle de pragas e irrigação, além de auxiliar na identificação de padrões complexos, como condições climáticas ideais para determinadas culturas ou ciclos de crescimento. Além disso, a IA e o *Big Data* podem ser utilizados para prever demandas do mercado, otimizar a cadeia de suprimentos agrícolas e personalizar a experiência do cliente, seja por meio de produtos agrícolas diferenciados ou de estratégias de marketing mais eficazes.

O emprego de tecnologias associadas à Inteligência Artificial tem engendrado transformações profundas no *modus operandi* das indústrias. Dentre estas mudanças, destacam-se aprimoramentos na manutenção e controle, o monitoramento de processos, a otimização dos procedimentos produtivos, a gestão de serviços e técnicas, bem como a simplificação das operações para implementar mudanças.

As abordagens de IA na Indústria 4.0 incluem a gestão de filiais através de sistemas inteligentes. Eventos são organizados por monitoramento contínuo, com alertas automáticos para falhas e problemas. Simulações virtuais permitem a supervisão de filiais geograficamente dispersas. Antes, os sistemas operavam de forma reativa, interrompendo operações diante de problemas. No entanto, mediante o emprego de sistemas de monitoramento contínuo e integrado, o funcionamento do sistema é constantemente analisado. Tal análise contribui para a identificação precoce de potenciais problemas, mitigando assim os custos associados à sua gestão.

Este estudo tem como objetivo analisar o uso combinado de Inteligência Artificial e *Big Data* para melhorar a gestão de operações no setor agrícola. Nossa abordagem inclui uma revisão sistemática da literatura, com foco em explorar e avaliar como a integração dessas

tecnologias pode aprimorar a gestão de operações agrícolas, destacando as sinergias e benefícios resultantes no apoio à tomada de decisão.

A pesquisa empregará uma revisão bibliográfica abrangente para investigar as aplicações emergentes dessas tecnologias, analisando seus benefícios e desafios. O estudo está estruturado em introdução, revisão de literatura, metodologia, resultados, discussão e conclusão.

2. REVISÃO LITERARIA

2.1 A Convergência da Indústria 4.0 com a Inteligência Artificial e Big Data na Gestão de Produção

Em 1943, Warren McCulloch e Walter Pitts realizaram o que é considerado o primeiro trabalho de Inteligência Artificial. Eles desenvolveram um modelo de neurônios artificiais inspirado na lógica proposicional de Russell e Whitehead, na fisiologia básica dos neurônios cerebrais e na teoria da computação de Turing. Nesse modelo, cada neurônio poderia estar "ligado" ou "desligado", podendo alternar seu estado em resposta a estímulos recebidos de outros neurônios conectados. Eles demonstraram que qualquer função computável poderia ser calculada usando uma rede de neurônios e conectivos lógicos. Em 1949, McCulloch e Pitts sugeriram que essas redes neurais artificiais, quando configuradas adequadamente, eram capazes de aprender padrões (RUSSEL; NORVIG, 2013).

A revolução da Inteligência Artificial foi impulsionada por diversos fatores, sendo o mais significativo o amadurecimento do Aprendizado de Máquina (*Machine Learning*). Esse avanço foi facilitado em parte pela disponibilidade de recursos de computação em nuvem e pela proliferação da coleta de dados baseada na *Web*, amplamente difundida (LUDERMIR, 2021).

Clive Humby popularizou a frase "Dados são o novo petróleo" em 2006, destacando a importância dos dados para pessoas, negócios e sociedades. Assim como o petróleo, os dados têm um valor significativo, e aqueles que os utilizam habilmente têm mais chances de sucesso. No entanto, a verdadeira riqueza está na capacidade de analisar os dados de forma significativa. Enquanto o petróleo exige a localização de reservas, os dados são constantemente coletados em várias formas e não são um recurso finito. Esse imenso volume de dados, conhecido como *Big Data*, oferece possibilidades praticamente ilimitadas.

O uso de *Big Data* rompe com os métodos tradicionais de busca por causalidade, focando em identificar padrões e correlações que alertam para a ocorrência de fenômenos. Isso permite desenvolver novos indicadores e sistemas de alerta precoce para monitorar riscos em diferentes setores e países. As pesquisas na web e postagens em redes sociais já são usadas

para prever a liquidez do mercado de ações e criar índices de sentimento. *Big Data* é frequentemente definido pelos "3Vs": volume, variedade e velocidade dos dados gerados, armazenados, processados e analisados (FRANÇA, 2014).

A Indústria 4.0 concentra-se na criação de produtos, processos e procedimentos inteligentes. Sua principal força motriz são as Fábricas Inteligentes, ou *Smart Factories* em inglês. Conforme descrito por Burke *et al.* (2017), as *Smart Factories* são sistemas flexíveis capazes de otimizar seu desempenho de forma automática, adaptar-se às mudanças, aprender com novas condições em tempo real e executar processos de produção de maneira autônoma.

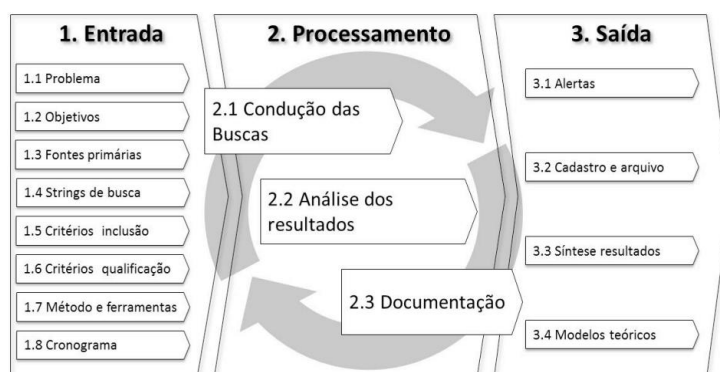
A ideia principal da Indústria 4.0 é explorar o potencial das novas tecnologias e conceitos emergentes, como a Internet das Coisas (IoT), integração de processos técnicos e de negócios, mapeamento digital e virtualização do mundo real, além de fábricas inteligentes com métodos e produtos inovadores. A competição e a necessidade de evolução constante impulsionam a manufatura a buscar métodos de produção inovadores. Para manter uma posição de destaque global, alguns governos implementaram iniciativas para incentivar suas indústrias, como a Indústria 4.0 na Alemanha, que representa tanto um apoio governamental quanto uma ampla transformação industrial em nível mundial (SOUSA, 2023).

3. MÉTODO DE PESQUISA

Para realizar o estudo, foi empregado o método de revisão bibliográfica sistemática (RBS), baseado no modelo *Roadmap* proposto por Conforto *et al.* (2011). Esse processo utiliza métodos transparentes e rigorosos para minimizar viés e maximizar a confiabilidade dos resultados.

Para a condução da revisão bibliográfica sistemática (RBS) *Roadmap*, foi necessário dividir o processo em três fase: entrada, processamento e saída. A FIGURA 1 traz detalhadas as principais etapas do modelo.

FIGURA 1 - Modelo para condução da revisão bibliográfica sistemática – RBS *Roadmap*.



Fonte: Conforto *et al.* (2011).

Os estudos sobre a implementação de inteligência artificial nas empresas são um tema recente, gerando diversas discussões. Nesse sentido, esta revisão bibliográfica busca identificar de forma sistemática a influência da Inteligência Artificial e do *Big Data* na gestão do setor agrícola. A questão que orientou a RBS foi, portanto: Como a Inteligência Artificial e o *Big Data* estão transformando os processos de gestão no setor agrícola?

As buscas foram realizadas nas bases de dados *ISI Web of Science*, da Thomson Reuters, e *SciVerse Scopus*, da Elsevier, devido à sua amplitude e qualidade, sendo considerados apenas artigos dos últimos cinco anos (2019 a 2024).

Os critérios para inclusão das fontes foram estabelecidos da seguinte forma: devem estar indexadas em uma das bases de dados selecionadas para este estudo; serem de acesso livre ou assinadas pela Universidade Estadual de Maringá ou pela rede de periódicos CAPES; apresentarem trabalhos completos na área de estudo no idioma inglês.

A partir da lista preliminar de artigos e dos ciclos de refinamento, os seguintes termos relevantes foram definidos: *artificial intelligence; big data; management; machine learning; industry 4.0*. Além disso, foi estabelecido um limitador para focar a busca em um tema específico, que é *agriculture*.

Esses termos e o limitador foram combinados usando operadores lógicos como "AND" e "OR", seguindo as regras estabelecidas pela *ISI Web of Science* e pela *SciVerse Scopus* para buscas avançadas. A busca foi realizada considerando diferentes partes dos artigos, como o "título", o "resumo" e as "palavras-chave".

Os critérios de inclusão são: descrição ou aplicação de Inteligência Artificial, *Big Data* e *Machine Learning* nos processos do setor de agrícola, com o propósito de apoiar a tomada de decisão.

As etapas foram organizadas em entrada, processamento e saída (QUADRO 1). A entrada teve como objetivo levantar informações sobre Inteligência Artificial e *Big Data* no âmbito da agricultura. A etapa de processamento teve enfoque qualitativo, baseado na interpretação dos estudos selecionados de maneira descritiva. Por fim, a etapa de saída resultou na síntese da análise dos dados coletados

QUADRO 1 – Adaptação do Modelo *Roadmap*.

Entrada	Strings: <i>artificial intelligence; big data; management; machine learning; industry 4.0; agriculture.</i> Fontes: <i>ISI Web of Science</i> e <i>SciVerse Scopus</i> Inclusão: descrição ou aplicação de Inteligência Artificial, <i>Big Data</i> e <i>Machine Learning</i>
----------------	--

	nos processos do setor agrícola, com o propósito de apoiar a tomada de decisão.
Processamento	Filtro 1: leitura com base no título, resumo e palavras-chave. Exclusão das duplicadas. Filtro 2: leitura da introdução e conclusão. Filtro 3: leitura completa dos artigos selecionados.
Saída	Síntese dos artigos e incorporação ao estudo.

Fonte: Autoria (2024).

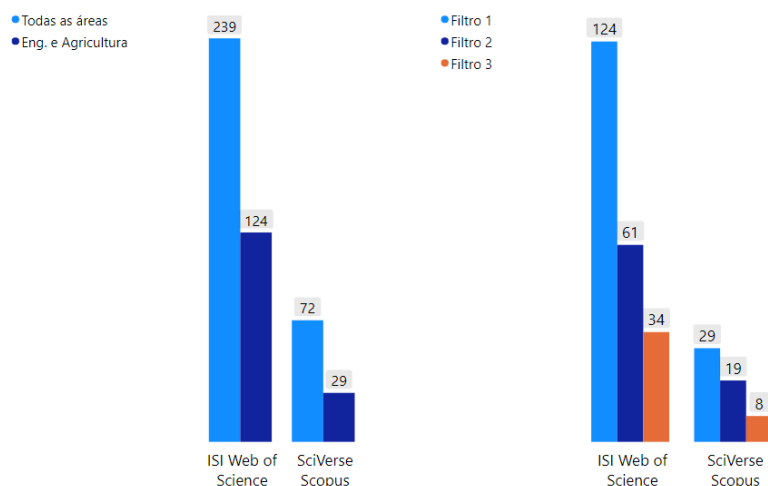
A seleção dos estudos, uma etapa crucial do processamento, exige transparência e um conjunto de critérios de seleção explícitos para avaliar a relevância de cada estudo. A pesquisa no banco de dados *ISI Web of Science* encontrou 239 artigos, enquanto no banco do *SciVerse Scopus* foram identificados mais 72 artigos, filtrando apenas a áreas de Engenharia e Agricultura resultou em 124 artigos na base da *ISI Web of Science* e 29 artigos na base do *SciVerse Scopus*. A decisão de restringir a pesquisa às áreas de engenharia e agricultura foi estratégica e visa garantir que os resultados obtidos sejam pertinentes, confiáveis e aplicáveis ao objetivo principal do estudo, contribuindo assim para um entendimento mais profundo e informado sobre o impacto da IA e *Big Data* na gestão agrícola.

Inicialmente, foram excluídos os artigos duplicados, totalizando 3 exclusões, o restante dos artigos selecionados, foram analisados com base em seus títulos, resumos e palavras-chave. A aplicação do Filtro 1 resultou na em 19 artigos da base *SciVerse Scopus* e 61 artigos do *ISI Web of Science*.

Após a aplicação do primeiro filtro, foi realizado um segundo filtro, onde foram excluídos artigos que não tratavam do conceito de IA e *Big Data* interligados a um processo de gestão. Com base na leitura da introdução e conclusão, foram excluídos os seguintes tipos de artigos: aqueles que abordavam apenas IA sem vínculo com o conceito de gestão; e artigos que tratavam apenas de *Big Data* sem vínculo com o conceito de gestão.

O segundo filtro resultou na exclusão de 29 artigos, pois eles não abordavam o processo de gestão integrado à Inteligência Artificial e ao *Big Data*, que tem o propósito de apoiar a tomada de decisão. Inicialmente, foram considerados 311 artigos, onde após a aplicação de três filtros rigorosos, que incluíram a remoção de duplicatas e a exclusão de estudos que não tratavam da integração entre gestão, IA e *Big Data*, restaram 42 artigos que atenderam a todos os critérios estabelecidos. O GRÁFICO 1 representa a quantidade de artigos analisados por cada filtro.

GRÁFICO 1 – Quantidade de artigos analisados por cada filtro.



Fonte: Autoria Própria (2024).

Os resultados apresentados na TABELA 1, que incluem os autores da pesquisa, o ano de publicação, o número de citações e as tecnologias e ferramentas abordadas, são baseados na análise de 42 artigos selecionados.

TABELA 1 – Análise de artigos selecionados.

Autor(es)	Título do artigo	Número de citações	Tecnologias abordadas
Hossain, M.E., Kabir, M.A., Zheng, L.H., Swain, D.L., McGrath, S. and Medway, J.	<i>A systematic review of machine learning techniques for cattle identification: Datasets, methods and future directions</i>	12	Técnicas de Aprendizado de Máquina; <i>Deep Learning</i> ; <i>Convolutional Neural Networks</i> (CNNs); <i>Datasets</i> .
Cisternas, I., Velásquez, I., Caro, A. and Rodríguez, A.	<i>Systematic literature review of implementations of precision agriculture</i>	118	Agricultura de Precisão; Tecnologias da Informação; <i>Big Data</i> ; Internet das Coisas (IoT); Drones; Sistemas de Informação Geográfica (SIG); Robótica.
Martos, V., Ahmad, A., Cartujo, P. and Ordoñez, J.	<i>Ensuring Agricultural Sustainability through Remote Sensing in the Era of Agriculture 5.0</i>	48	Sensoriamento Remoto; IoT; IA; <i>Big Data</i> ; Computação em Nuvem; Robótica; SIG; <i>Blockchain</i> .
De Oliveira, R.C. and Silva, R.D.D.E.	<i>Artificial Intelligence in Agriculture: Benefits, Challenges, and Trends</i>	4	<i>Machine Learning</i> ; <i>Deep Learning</i> ; IoT; Robótica; <i>Big Data</i> .
Azlan, Z.H.Z., Junaini, S.N., Bolhassan, N.A., Wahi, R. and Arip, M.A.	<i>Harvesting a sustainable future: An overview of smart agriculture's role in social, economic, and environmental sustainability</i>	1	IoT; Sensores e Dispositivos Inteligentes; Sistemas de Monitoramento Remoto; <i>Big Data</i> ; IA; Sistemas de Suporte à Decisão.
Pralle, R.S. and White, H.M.	<i>Symposium review: Big data, big predictions: Utilizing milk Fourier-transform infrared and genomics to improve hyperketonemia management</i>	17	Espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR); genômica; <i>Big Data</i> .
Nasirahmadi, A. and Hensel, O.	<i>Toward the Next Generation of Digitalization in Agriculture Based on Digital Twin</i>	72	IoT; Agricultura de Precisão; <i>Big Data</i> ; IA; <i>Digital Twins</i> (Gêmeos Digitais).

	<i>Paradigm</i>		
Bwambale, E., Naangmenyele, Z., Iradukunda, P., Agboka, K.M., Houessou-Dossou, E.A.Y., Akansake, D.A., Bisa, M.E., Hamadou, A.A.H., Hakizayezu, J., Onofua, O.E. and Chikabvumbwa, S.R.	<i>Towards precision irrigation management: A review of GIS, remote sensing and emerging technologies</i>	10	SIG; Sensoriamento Remoto; IoT; <i>Big Data</i> ; Modelagem e Simulação; Sistemas de Suporte à Decisão (DSS); Tecnologias de Automação.
Alexopoulos, A., Koutras, K., Ben Ali, S., Puccio, S., Carella, A., Ottaviano, R. and Kalogeras, A.	<i>Complementary Use of Ground-Based Proximal Sensing and Airborne/Spaceborne Remote Sensing Techniques in Precision Agriculture: A Systematic Review</i>	6	Sensoriamento Proximal; Sensoriamento Remoto Aerotransportado; Sensoriamento Remoto Espacial; SIG; IoT; <i>Big Data</i> ; Modelagem e Simulação; Imagens Hiperespectrais e Multiespectrais.
Sharma, R., Kamble, S.S., Gunasekaran, A., Kumar, V. and Kumar, A.	<i>A systematic literature review on machine learning applications for sustainable agriculture supply chain performance</i>	274	Aprendizado de Máquina; IoT; Sensoriamento Remoto; <i>Big Data</i> ; SIG; <i>Blockchain</i> ; IA; Tecnologias de Automação.
Villa-Henriksen, A., Edwards, G.T.C., Pesonen, L.A., Green, O. and Sorensen, C.A.G.	<i>Internet of Things in arable farming: Implementation, applications, challenges and potential</i>	139	Sensores de Solo; Sensores Climáticos; Drones; Sensores de Culturas; Sistemas de Irrigação Inteligente; Equipamentos Agrícolas Conectados; IoT; Softwares; Low Power Wide Area Network (LPWAN); <i>Big Data</i>
Navarro, E., Costa, N. and Pereira, A.	<i>A Systematic Review of IoT Solutions for Smart Farming</i>	118	Sensores de Solo; Sensores Climáticos; Drones; Sistemas de Irrigação Inteligente; Plataformas de Gestão Agrícola; Redes de Sensores Sem Fio (WSNs); IoT; <i>Big Data</i> ; LPWAN; Zigbee, LoRaWAN; NB-IoT; IA; <i>Machine Learning</i> ; <i>Blockchain</i> .
Lawes, R., Hochman, Z., Jakku, E., Butler, R., Chai, J., Chen, Y., Waldner, F., Mata, G. and Donohue, R.	<i>Graincast™: monitoring crop production across the Australian grainbelt</i>	4	Sensoriamento Remoto; Modelos de simulação; <i>Big Data</i> ; SIG; IoT; Plataformas de Gestão Agrícola
Shalloo, L., Byrne, T., Leso, L., Ruelle, E., Starsmore, K., Geoghegan, A., Werner, J. and O'Leary, N.	<i>A review of precision technologies in pasture-based dairying systems</i>	10	Sensores de Atividade e Comportamento; Sistemas de Ordenha Automática; Sensores de Saúde do Animal; Tecnologias de Manejo de Pastagem; Sistemas de Rastreamento de Animais; Plataformas de Gestão Agrícola; Sensoriamento Remoto; Tecnologias de Alimentação de Precisão; IoT; <i>Big Data</i> ; IA; <i>Machine Learning</i> .
Holzinger, A., Saranti, A., Angerschmid, A., Retzlaff, C.O., Gronauer, A., Pejakovic, V., Medel-Jimenez, F., Krexner, T., Gollob, C., Stampfer, K.	<i>Digital Transformation in Smart Farm and Forest Operations Needs Human-Centered AI: Challenges and Future Directions</i>	51	IA; <i>Machine Learning</i> ; IoT; <i>Big Data</i> ; Sensoriamento Remoto; Robótica; <i>Blockchain</i> ; Computação em Nuvem; SIG; Realidade Aumentada (AR); Realidade Virtual (VR).
Fracarolli, J.A., Adimari Pavarin, F.F., Castro, W., Blasco, J.	<i>Computer vision applied to food and agricultural products</i>	15	Visão Computacional; <i>Machine Learning</i> ; <i>Deep Learning</i> ; Sensores de Imagem; Algoritmos de Segmentação; Sistemas de Classificação

			Automatizada.
Singh, R.K., Berkvens, R., Weyn, M.	<i>AgriFusion: An Architecture for IoT and Emerging Technologies Based on a Precision Agriculture Survey</i>	62	IoT; Sensores; <i>Big Data</i> ; Computação em Nuvem; IA; <i>Machine Learning</i> ; Drones e Sensoriamento Remoto; SIG; <i>Blockchain</i> ; Robótica; WSN.
Jan, Z., Ahamed, F., Mayer, W., Patel, N., Grossmann, G., Stumptner, M. and Kuusk, A.	<i>Artificial intelligence for industry 4.0: Systematic review of applications, challenges, and opportunities</i>	52	IA; IoT; <i>Machine learning</i> ; Rede de sensores.
Kakani, V., Nguyen, V.H., Kumar, B.P., Kim, H. and Pasupuleti, V.R.	<i>A critical review on computer vision and artificial intelligence in food industry</i>	153	IA; Visão computacional.
Alahmad, T., Neményi, M. and Nyéki, A.	<i>Applying IoT Sensors and Big Data to Improve Precision Crop Production: A Review</i>	6	IoT; IA; Sensores.
de la Parte, M.S., Martínez-Ortega, J.F., Castillejo, P. and Lucas-Martínez, N.	<i>Spatio-temporal semantic data management systems for IoT in agriculture 5.0: Challenges and future directions</i>	1	IoT; Sensores; IA; <i>Big Data</i> ; Robótica; Computação em nuvem.
Cravero, A., Pardo, S., Sepúlveda, S. and Muñoz, L.	<i>Challenges to Use Machine Learning in Agricultural Big Data: A Systematic Literature Review</i>	40	<i>Machine Learning</i> ; <i>Big Data</i> .
García, R., Aguilar, J., Toro, M., Pinto, A. and Rodríguez, P.	<i>A systematic literature review on the use of machine learning in precision livestock farming</i>	94	<i>Machine Learning</i> ; Sensores; <i>Big Data</i> ; IA; IoT.
Astill, J., Dara, R.A., Fraser, E.D.G., Roberts, B. and Sharif, S.	<i>Smart poultry management: Smart sensors, big data, and the internet of things</i>	100	Sensores; <i>Big data</i> ; IoT.
Kamble, S.S., Gunasekaran, A. and Gawankar, S.A.	<i>Achieving sustainable performance in a data-driven agriculture supply chain: A review for research and applications</i>	428	IoT; <i>Blockchain</i> ; <i>Big data</i> .
Pathan, M., Patel, N., Yagnik, H. and Shah, M.A.	<i>Artificial cognition for applications in smart agriculture: A comprehensive review</i>	67	Sensoriamento Remoto; IA; <i>Big data</i> .
Gackstetter, D., von Bloh, M., Hannus, V., Meyer, S.T., Weisser, W., Luksch, C. and Asseng, S.	<i>Autonomous field management- An enabler of sustainable future in agriculture</i>	7	IA; <i>Big Data</i> ; Robótica; <i>Machine learning</i> ; IoT; Sensores.
Karunathilake, EMBM; Le, AT; Heo, S., Chung, YS; Mansoor, S.	<i>The Path to Smart Farming: Innovations and Opportunities in Precision Agriculture</i>	56	IoT; <i>Big Data</i> ; IA; <i>Machine Learning</i> .
El Hachimi, C., Belaqqiz, S., Khabba, S.; Sebbar B., Dhiba, D., Chehbouni, A.	<i>Smart Weather Data Management Based on Artificial Intelligence and Big Data Analytics for Precision Agriculture</i>	14	Sensores; IoT; <i>Big Data</i>
Kliangkhlao, M., Limsiroratana, S., Sahoh, B.	<i>The Design and Development of a Causal Bayesian Networks Model for the Explanation of Agricultural Supply Chains</i>	2	IoT; Sensores; <i>Machine Learning</i> .
Tripatia, S.S., Tripathi, N., Rath, M., Paty, A., Panigrahi, A., Traço, M.	<i>Smart Farming based on Deep Learning Approaches</i>	3	IoT; <i>Big Data</i> ; <i>Data Analytics</i> ; <i>Machine Learning</i> .

Jararweh, Y., Fátima, S., Jarrah, M., AlZu'bi, S.	<i>Smart and sustainable agriculture: Fundamentals, enabling technologies, and future directions</i>	16	IoT; Sensores; Robótica; IA; <i>Big Data</i> ; <i>Analytics</i> ; <i>Blockchain</i> .
MacPherson, J., Voglhuber-Slavinsky, A., Olbrisch, M., Schöbel, P., Dönitz, E., Mouratiadou, I. and Helming, K.	<i>Future agricultural systems and the role of digitalization for achieving sustainability goals.</i>	40	<i>Big Data</i> ; Modelagem e Simulação; Avaliação de Impacto Ambiental (AIA); Análise Prospectiva.
Ojha, T., Misra, S. and Raghuwanshi, N.S.	<i>Internet of Things for Agricultural Applications: The State of the Art</i>	41	Node-RED; IFTTT (If This Then That); LoRaWAN, Sigfox; Zabbix; IoT.
Jacoby, M. and Usländer, T.	<i>Digital Twin and Internet of Things-Current Standards Landscape</i>	105	IoT; Gêmeos Digitais; Plataformas de Middleware para IoT.
Yin, M.S., Ma, R.Q., Luo, H.L., Li, J., Zhao, Q.A. and Zhang, M.J.	<i>Non-contact sensing technology enables precision livestock farming in smart farms</i>	4	Sensores Avançados; IoT; <i>Big Data</i> ; IA; Sistemas de Gestão de Dados.
Neethirajan, S.	<i>Artificial Intelligence and Sensor Technologies in Dairy Livestock Export: Charting a Digital Transformation</i>	23	IoT; IA; Plataformas de Gerenciamento de Dados.
Singh, R., Singh, R., Gehlot, A., Akram, S.V., Priyadarshi, N. and Twala, B.	<i>Horticulture 4.0: Adoption of Industry 4.0 Technologies in Horticulture for Meeting Sustainable Farming</i>	16	IoT; IA; <i>Blockchain</i> ; Computação em Nuvem; <i>Big Data</i> .
Lee, M.F.R.	<i>A Review on Intelligent Control Theory and Applications in Process Optimization and Smart Manufacturing</i>	2	Lógica Fuzzy; Redes Neurais; IA; Algoritmos Genéticos.
Chauhdary, J.N., Li, H., Jiang, Y., Pan, X.W., Hussain, Z., Javaid, M. and Rizwan, M.	<i>Advances in Sprinkler Irrigation: A Review in the Context of Precision Irrigation for Crop Production</i>	3	IoT; Irrigação de Precisão; Irrigação por Aspersão.
Kaur, A., Sonawane, V. and Rosha, P.	<i>Energy efficiency optimization strategies for greenhouse-based crop cultivation: A review</i>	1	<i>Big Data</i> ; IA; Algoritmos de Controle Avançados; Sensores e Sistemas de Monitoramento.
Feng, H.H., Wang, X., Duan, Y.Q., Zhang, J. and Zhang, X.S.	<i>Applying blockchain technology to improve agri-food traceability: A review of development methods, benefits and challenges</i>	460	<i>Blockchain</i> ; IoT; Computação em Nuvem; IA; <i>Big Data</i> .

Fonte: Autoria Própria (2024).

4. RESULTADO E DISCUSSÕES

Com base nos diversos artigos selecionados, podemos observar um consenso sobre o impacto positivo das tecnologias emergentes, como Internet das Coisas, *Big Data*, Inteligência Artificial, Sensores e Aprendizado de Máquina na agricultura e na pecuária, conforme mostra o QUADRO 1. Essas tecnologias estão sendo aplicadas de várias maneiras inovadoras para enfrentar desafios específicos e transformar os setores agrícola e pecuário. Além disso, tecnologias como *Blockchain*, Robótica, Sistemas de Informação Geográfica (SIG), Drones e Computação em Nuvem também desempenham um papel crucial na melhoria

da eficiência, sustentabilidade e precisão das operações agrícolas.

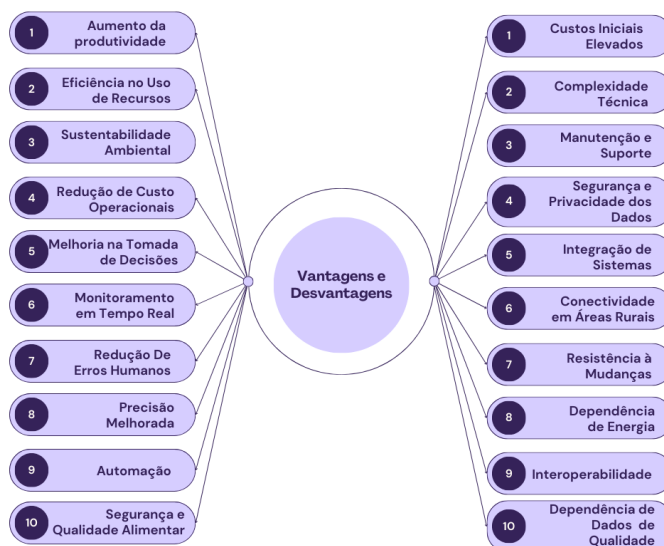
QUADRO 1 – Análise de artigos selecionados.

Tecnologia	Quantidade de Artigos
Internet das Coisas (IoT)	32
<i>Big Data</i>	26
Inteligência Artificial (IA)	25
Sensores	19
Aprendizado de Máquina (<i>Machine Learning</i>)	16
<i>Blockchain</i>	9
Robótica	8
Sistemas de Informação Geográfica (SIG)	8
Drones	6
Computação em Nuvem	5

Fonte: Autoria Própria (2024)

O processo de avaliação das tecnologias emergentes na agricultura é fundamental para compreender seu impacto e aplicabilidade. A adoção dessas tecnologias oferece benefícios significativos, como aumento da produtividade, redução de custos operacionais e aprimoramento na tomada de decisões. No entanto, também foram identificadas desvantagens, incluindo altos custos iniciais, complexidade técnica e necessidade de manutenção e suporte contínuos. O diagrama a seguir sintetiza a visão dos artigos selecionados sobre as vantagens e desvantagens dessas tecnologias.

IMAGEM 1 – Vantagens/benefícios e desvantagens/desafios do uso das tecnologias no setor agrícola.



Fonte: Autoria Própria (2024).

Os artigos destacam como o uso de IA e Big Data está revolucionando a gestão agrícola, permitindo monitoramento preciso da produção em tempo real e fornecendo informações detalhadas que melhoram a tomada de decisões. Isso não apenas aumenta a eficiência, mas também impulsiona a inovação ao fornecer dados valiosos aos agricultores.

Por meio de algoritmos avançados de IA, é possível analisar grandes volumes de dados, otimizando processos como plantio, irrigação e colheita. A IA também possibilita prever a demanda de produtos agrícolas com base em dados climáticos, de mercado e de consumo, permitindo ajustes na produção. Além disso, sensores IoT fornecem dados em tempo real sobre a saúde das plantas e as condições do solo, que a IA pode analisar para detectar problemas precocemente, reduzindo custos e aumentando a eficiência operacional.

Um tema recorrente é como essas tecnologias não apenas melhoram a produtividade e a rentabilidade, mas também contribuem para a sustentabilidade ambiental. A gestão mais eficiente dos recursos, como água na irrigação de precisão, reduz o impacto ambiental e promove práticas agrícolas mais sustentáveis. Ademais, a otimização no uso de insumos como água e energia também contribui para a redução de custos operacionais, aumentando a viabilidade econômica das atividades agrícolas.

Embora os benefícios sejam evidentes, os artigos também destacam desafios significativos. A integração de sistemas, interoperabilidade de dados, segurança cibernética e privacidade dos dados são áreas críticas a serem abordadas para o sucesso contínuo dessas tecnologias na agricultura. Além disso, capacitar e tornar essas tecnologias acessíveis a todos os produtores, independentemente do tamanho da operação, é essencial para democratizar os benefícios da digitalização no setor.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, nossa análise revelou o impacto promissor das tecnologias emergentes como Inteligência Artificial, *Big Data*, Internet das Coisas e sensores na agricultura e pecuária. As evidências reunidas destacam sua capacidade de otimizar a gestão agrícola, oferecendo monitoramento preciso e em tempo real da produção, além de fornecer dados detalhados que aprimoram a tomada de decisões.

Essas tecnologias melhoram a eficiência operacional e a produtividade, além de oferecerem soluções para desafios globais como segurança alimentar, sustentabilidade ambiental e gestão eficaz de recursos. No entanto, é essencial enfrentar os desafios restantes para garantir que essas inovações beneficiem amplamente o setor agrícola e promovam um

futuro mais sustentável e resiliente na produção de alimentos.

Contudo, os desafios identificados, como a necessidade de melhorar a integração de sistemas, a interoperabilidade de dados e a segurança cibernética, exigem soluções robustas para garantir o sucesso contínuo dessas inovações no setor agrícola. A promoção da inclusão digital no campo poderá ampliar os benefícios da digitalização, fortalecendo a resiliência do setor frente aos desafios futuros e contribuindo para uma agricultura mais eficiente, sustentável e adaptada ao contexto contemporâneo.

REFERÊNCIAS

ALAHMAD, T.; NEMÉNYI, M.; NYÉKI, A. Applying IoT Sensors and Big Data to Improve Precision Crop Production: A Review. **Agronomy**, v. 13, n. 10, p. 2603, 12 out. 2023.

ALEXOPOULOS, A. et al. Complementary Use of Ground-Based Proximal Sensing and Airborne/Spaceborne Remote Sensing Techniques in Precision Agriculture: A Systematic Review. **Agronomy**, v. 13, n. 7, p. 1942, 22 jul. 2023.

ASTILL, J. et al. Smart poultry management: Smart sensors, big data, and the internet of things. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 170, p. 105291, mar. 2020.
BURKE, P. **Testemunha ocular: o uso de imagens como evidência histórica**. SciELO, Editora UNESP, 2017.

BWAMBALE, E. et al. Towards precision irrigation management: A review of GIS, remote sensing and emerging technologies. **Cogent Engineering**, v. 9, n. 1, 31 dez. 2022.

CHAUHDARY, J. N. et al. Advances in Sprinkler Irrigation: A Review in the Context of Precision Irrigation for Crop Production. **Agronomy**, v. 14, n. 1, p. 47, 23 dez. 2023.

CISTERNAS, I. et al. Systematic literature review of implementations of precision agriculture. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 176, p. 105626, set. 2020.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. D. **Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos**. 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto - CBGDP. Anais. p.1-12, 2011. Porto Alegre.

CRAVERO, A. et al. Challenges to Use Machine Learning in Agricultural Big Data: A Systematic Literature Review. **Agronomy**, v. 12, n. 3, p. 748, 21 mar. 2022.

DHANYA, V. G. et al. Deep learning based computer vision approaches for smart agricultural applications. **Artificial Intelligence in Agriculture**, v. 6, p. 211–229, 2022.

FENG, H. et al. Applying blockchain technology to improve agri-food traceability: A review of development methods, benefits and challenges. **Journal of Cleaner Production**, v. 260, p. 121031, jul. 2020.

FRACAROLLI, J. A. et al. Computer vision applied to food and agricultural products. **REVISTA CIÊNCIA AGRONÔMICA**, v. 51, n. 5, 2020.

FRANÇA, T. C. *et al.* Big Social Data: princípios sobre coleta, tratamento e análise de dados sociais. **XXIX Simpósio Brasileiro de Banco de Dados–SBBD**, v. 14, 2014.

GACKSTETTER, D. et al. Autonomous field management – An enabler of sustainable future in agriculture. **Agricultural Systems**, v. 206, p. 103607, mar. 2023.

GARCÍA, R. et al. A systematic literature review on the use of machine learning in precision livestock farming. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 179, p. 105826, dez. 2020.

HACHIMI, C. EL et al. Smart Weather Data Management Based on Artificial Intelligence and Big Data Analytics for Precision Agriculture. **Agriculture**, v. 13, n. 1, p. 95, 29 dez. 2022.

HOLZINGER, A. et al. Digital Transformation in Smart Farm and Forest Operations Needs Human-Centered AI: Challenges and Future Directions. **Sensors**, v. 22, n. 8, p. 3043, 15 abr. 2022.

HOSSAIN, M. E. et al. A systematic review of machine learning techniques for cattle identification: Datasets, methods and future directions. **Artificial Intelligence in Agriculture**, v. 6, p. 138–155, 2022.

JACOBY, M.; USLÄNDER, T. Digital Twin and Internet of Things—Current Standards Landscape. **Applied Sciences**, v. 10, n. 18, p. 6519, 18 set. 2020.

JAN, Z. et al. Artificial intelligence for industry 4.0: Systematic review of applications, challenges, and opportunities. **Expert Systems with Applications**, v. 216, p. 119456, abr. 2023.

JARARWEH, Y. et al. Smart and sustainable agriculture: Fundamentals, enabling technologies, and future directions. **Computers and Electrical Engineering**, v. 110, p. 108799, set. 2023.

KAKANI, V. et al. A critical review on computer vision and artificial intelligence in food industry. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 2, p. 100033, dez. 2020.

KAMBLE, S. S.; GUNASEKARAN, A.; GAWANKAR, S. A. Achieving sustainable performance in a data-driven agriculture supply chain: A review for research and applications. **International Journal of Production Economics**, v. 219, p. 179–194, jan. 2020.

KARUNATHILAKE, E. M. B. M. et al. The Path to Smart Farming: Innovations and Opportunities in Precision Agriculture. **Agriculture**, v. 13, n. 8, p. 1593, 11 ago. 2023.

KAUR, A.; SONAWANE, V.; ROSHA, P. Energy efficiency optimization strategies for greenhouse-based crop cultivation: A review. **The Canadian Journal of Chemical Engineering**, v. 102, n. 3, p. 1051–1065, 14 mar. 2024.

KLIANGKHLAO, M.; LIMSIRORATANA, S.; SAHOH, B. The Design and Development of a Causal Bayesian Networks Model for the Explanation of Agricultural Supply Chains. **IEEE Access**, v. 10, p. 86813–86823, 2022.

LAWES, R. et al. GraincastTM: monitoring crop production across the Australian grainbelt. **Crop & Pasture Science**, v. 74, n. 6, p. 509–523, 21 mar. 2022.

LEE, M.-F. R. A Review on Intelligent Control Theory and Applications in Process Optimization and Smart Manufacturing. **Processes**, v. 11, n. 11, p. 3171, 7 nov. 2023.

LUDERMIR, T. B. Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina: estado atual e tendências. **Estudos Avançados**, v. 35, n. 101, p. 85–94, abr. 2021.

MACPHERSON, J. et al. Future agricultural systems and the role of digitalization for achieving sustainability goals. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 42, n. 4, p. 70, 6 ago. 2022.

MARTOS, V. et al. Ensuring Agricultural Sustainability through Remote Sensing in the Era of Agriculture 5.0. **Applied Sciences**, v. 11, n. 13, p. 5911, 25 jun. 2021.

NASIRAHMADI, A.; HENSEL, O. Toward the Next Generation of Digitalization in Agriculture Based on Digital Twin Paradigm. **Sensors**, v. 22, n. 2, p. 498, 10 jan. 2022.

NAVARRO, E.; COSTA, N.; PEREIRA, A. A Systematic Review of IoT Solutions for Smart Farming. **Sensors**, v. 20, n. 15, p. 4231, 29 jul. 2020.

NEETHIRAJAN, S. Artificial Intelligence and Sensor Technologies in Dairy Livestock Export: Charting a Digital Transformation. **Sensors**, v. 23, n. 16, p. 7045, 9 ago. 2023.

NORVIG, P.; RUSSELL, S. **Inteligência artificial**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2013.

OJHA, T.; MISRA, S.; RAGHUWANSHI, N. S. Internet of Things for Agricultural Applications: The State of the Art. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 8, n. 14, p. 10973–10997, 15 jul. 2021.

OLIVEIRA, R. C. DE; SILVA, R. D. DE S. E. Artificial Intelligence in Agriculture: Benefits, Challenges, and Trends. **Applied Sciences**, v. 13, n. 13, p. 7405, 22 jun. 2023.

PATHAN, M. et al. Artificial cognition for applications in smart agriculture: A comprehensive review. **Artificial Intelligence in Agriculture**, v. 4, p. 81–95, 2020.

PRALLE, R. S.; WHITE, H. M. Symposium review: Big data, big predictions: Utilizing milk Fourier-transform infrared and genomics to improve hyperketonemia management. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 4, p. 3867–3873, abr. 2020.

REZAZADEGAN, R.; SHARIFZADEH, M. **Applications of artificial intelligence and big data in industry 4.0 technologies**. Industry 4.0 Vision for Energy and Materials: Enabling Technologies and Case Studies, p. 121-158, 2022.

SAN EMETERIO DE LA PARTE, M. et al. Spatio-temporal semantic data management systems for IoT in agriculture 5.0: Challenges and future directions. **Internet of Things**, v. 25, p. 101030, abr. 2024.

SHALLOO, L. et al. A review of precision technologies in pasture-based dairying systems. **Irish Journal of Agricultural and Food Research**, v. 59, n. 2, 2021.

SHARMA, R. et al. A systematic literature review on machine learning applications for sustainable agriculture supply chain performance. **Computers & Operations Research**, v. 119, p. 104926, jul. 2020.

SINGH, R. et al. Horticulture 4.0: Adoption of Industry 4.0 Technologies in Horticulture for Meeting Sustainable Farming. **Applied Sciences**, v. 12, n. 24, p. 12557, 8 dez. 2022.

SINGH, R. K.; BERKVEN, R.; WEYN, M. AgriFusion: An Architecture for IoT and Emerging Technologies Based on a Precision Agriculture Survey. **IEEE Access**, v. 9, p. 136253–136283, 2021.

SOUSA, F. J. M. Modelos de Sistemas de Supervisão na Indústria 4.0. **Revista Interdisciplinar de Pesquisa em Engenharia**, v. 9, n. 1, p. 27-48, 2023.

VILLA-HENRIKSEN, A. et al. Internet of Things in arable farming: Implementation, applications, challenges and potential. **Biosystems Engineering**, v. 191, p. 60–84, mar. 2020.

YIN, M. et al. Non-contact sensing technology enables precision livestock farming in smart farms. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 212, p. 108171, set. 2023.

ZUL AZLAN, Z. H. et al. Harvesting a sustainable future: An overview of smart agriculture's role in social, economic, and environmental sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 434, p. 140338, jan. 2024.