

Artigo

Os avanços tecnológicos na agricultura no Brasil e os desafios para implementação na região semiárida

Technological advances in agriculture in Brazil and the challenges for implementation in the semi-arid region

Thales Pereira Gomes Lopes¹, Jussara Silva Dantas², Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira³ e Patrícia Carneiro Souto⁴

¹Mestre em Sistemas Agroindustriais pela Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba. ORCID: 0009-0006-5214-2053. E-mail: thalespb1989@gmail.com;

²Doutora em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São Paulo, São Paulo. Professora do Programa de Pós-graduação em Gestão e Sistemas Agroindustriais, Pombal, Paraíba. ORCID: 0000-0001-5539-0366. E-mail: jussara.silva@professor.ufcg.edu.br;

³Doutora em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba. Professora do Programa de Pós-graduação em Gestão e Sistemas Agroindustriais, Pombal, Paraíba. ORCID: 0000-0002-5564-1011. E-mail: virginia.fatima@professor.ufcg.edu.br;

⁴Doutora em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba. Professora do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba. ORCID: 0000-0003-4631-5342. E-mail: pcarneirosouto@yahoo.com.br;

Submetido em: 02/06/2025, revisado em: 05/04/2025 e aceito para publicação em: 08/04/2025.

RESUMO: Os constantes avanços tecnológicos afetam diretamente a produtividade na agricultura. Com o crescimento populacional a demanda de consumo de alimentos aumentou e o uso da tecnologia possibilita solucionar diversos problemas como: uma maior eficiência no campo, redução dos desperdícios de recursos hídricos e de energia, redução de resíduos, entre outros. Os principais pilares desses avanços são a Internet das Coisas (IOT), Inteligência Artificial (IA), Big Data e Blockchain. Por outro lado, tem-se a região semiárida com diversas peculiaridades, como atividades de subsistência, falta de conhecimento técnico e de pessoal capacitado na área, a falta de recursos e de assistência necessários para implementar essas tecnologias, dificultando os avanços. O objetivo deste trabalho foi analisar os avanços tecnológicos na agricultura brasileira e investigar as dificuldades de implementação dessas tecnologias no semiárido, visando contribuir para o desenvolvimento sustentável do setor agrícola na região. Já a metodologia empregada será do tipo de uma revisão sistemática. Foi realizada busca nas seguintes bases de dados: Literatura Latino-americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS); no diretório de revista Scielo e no portal Periódico CAPES, no google acadêmico e em livros e revistas científicas, realizada entre os meses de janeiro a junho de 2025. Assim, o desenvolvimento de uma agricultura inovadora, capaz de superar barreiras e desafios é uma tendência mundial, sobretudo pela utilização de novas tecnologias.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência no Campo; Internet das Coisas; Inovação Tecnológica.

ABSTRACT: Constant technological advances directly affect productivity in agriculture. With population growth, the demand for food consumption has increased and the use of technology makes it possible to solve several problems such as: greater efficiency in the field, reduction of waste of water and energy resources, reduction of waste, among others. The main pillars of these advancements are the Internet of Things (IOT), Artificial Intelligence (AI), Big Data, and Blockchain. On the other hand, there is the semi-arid region with several peculiarities, such as subsistence activities, lack of technical knowledge and trained personnel in the area, the lack of resources and assistance necessary to implement these technologies, making advances difficult. The objective of this work was to analyze the technological advances in Brazilian agriculture and to investigate the difficulties of implementing these technologies in the semi-arid region, aiming to contribute to the sustainable development of the agricultural sector in the region. The methodology used will be of the type of a systematic review. A search was performed in the following databases: Latin American and Caribbean Literature on Health Sciences (LILACS); in the Scielo journal directory and on the CAPES Journal portal, on google scholar and in scientific books and journals, carried out between the months of January and June 2025. Thus, the development of innovative agriculture, capable of overcoming barriers and challenges, is a global trend, especially due to the use of new technologies.

KEYWORDS: Efficiency in the Field; Internet of Things; Technological Innovation.

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No contexto atual de crescimento populacional e da necessidade de melhoramento do sistema de produção de alimentos, surge a necessidade de se adequar aos avanços tecnológicos na agricultura, e essa implementação depara com novos desafios em regiões de clima semiárido, no Brasil. Segundo Russo, Cirella (2019), devido ao aumento da urbanização, da degradação ambiental, do crescimento populacional e das mudanças do sistema de

alimentação, surge a necessidade de um novo conceito que venha compensar essas mudanças. Ele afirma que a agricultura 5.0, que é considerada a quinta revolução alimentar, poderá alimentar até 10 bilhões de pessoas, e surge como uma alternativa para resolver a problemática em questão.

A agricultura, como um dos pilares fundamentais da economia brasileira, tem experimentado uma evolução notável ao longo dos anos, impulsionada por uma série de avanços tecnológicos que revolucionaram os processos de

produção, gestão e sustentabilidade no campo. Desde os primórdios da civilização até os dias atuais, a história da agricultura é marcada por momentos de transformação e inovação, muitos dos quais estão intimamente ligados às revoluções industriais que moldaram o curso da história moderna. Quando se adota uma tecnologia no setor primário, busca-se inserir a era tecnológica no setor primário, isto é, uma adaptação da realidade à Quarta Revolução Agrícola, Agricultura de Precisão, Agricultura Digital e Agricultura 4.0, entre outras definições que procuram caracterizar a mais recente evolução do agronegócio (Sott et al., 2020a).

Além disso, emerge agora a Agricultura 5.0, uma extensão do conceito de Agricultura de Precisão que busca integrar ainda mais tecnologias emergentes e abordagens inovadoras para melhorar a eficiência, a sustentabilidade e a produtividade na agricultura. Esta nova abordagem holística e multidisciplinar considera não apenas aspectos técnicos, mas também sociais, ambientais e econômicos, promovendo práticas agrícolas sustentáveis e colaborativas.

No Brasil, um dos principais players globais no setor agrícola, os avanços tecnológicos têm desempenhado um papel crucial no aumento da produtividade e da competitividade do agronegócio. O país tem se destacado na adoção de práticas inovadoras, como o uso de drones para mapeamento de áreas cultivadas, sistemas de irrigação inteligente e agricultura de precisão. Essas tecnologias têm contribuído para impulsionar a produção agrícola e enfrentar os desafios crescentes relacionados à segurança alimentar, mudanças climáticas e sustentabilidade ambiental. No entanto, apesar dos avanços impressionantes observados em várias regiões do país, a implementação dessas tecnologias enfrenta desafios significativos em áreas de clima semiárido, como o sertão Paraibano. Caracterizado por condições climáticas adversas, solos áridos e escassez de recursos hídricos, o sertão apresenta um contexto único e desafiador para a agricultura. Nesse contexto, os avanços tecnológicos que têm impulsionado a agricultura brasileira encontram barreiras complexas para sua adoção e efetiva implementação.

Esta pesquisa teve como objetivo geral analisar os avanços tecnológicos na agricultura brasileira e investigar

as dificuldades de implementação dessas tecnologias no semiárido brasileiro, visando contribuir para o desenvolvimento sustentável do setor agrícola na região. Os objetivos específicos incluem investigar as tecnologias agrícolas mais recentes e inovadoras adotadas no Brasil, com foco em sua aplicabilidade e viabilidade no contexto de regiões de clima semiárido; avaliar os desafios socioeconômicos e ambientais enfrentados pelos agricultores de regiões de clima semiárido e como esses desafios impactam a adoção de tecnologias agrícolas avançadas; e identificar os potenciais barreiras para inovação tecnológica na agricultura.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA AGRICULTURA NO BRASIL

Ao discorrer sobre as tendências inovadoras na agricultura, por meio da tecnologia, Bolfe; Massruhá (2020) destacam a urgência da transformação digital nas propriedades rurais, não se limitando apenas como opção, mas apontando uma realidade a ser seguida, sobretudo para tornar a agricultura mais competitiva e assim, agregar valor, advindos das inovações, cuja tendência é melhorar a interação entre os elos das cadeias produtivas agrícolas.

Um outro mecanismo de inovação tecnológica na agricultura é a utilização de drones, por permitir um acesso eficiente, seja na irrigação, seja na pulverização, seja no monitoramento de insetos e plantas nocivas (Giraldeli, 2019).

Para Giraldeli (2019), a importância do uso dos drones na produção perpassa a simples identificação das falhas no plantio, chegando a detecção de infestações de plantas, por ervas daninhas, por pragas e doenças, e também é capaz de gerenciar a irrigação e indicar localidades de desmatamento, focos de incêndios, rios e nascentes com assoreamento e até mesmo, monitorar a quantidade de água utilizada nas plantas. Deste modo, o acompanhamento via drone é realizado com a utilização de sensores infravermelhos, com detecção individual de cada planta.

Figura 1 – Uso de drone na agricultura



Fonte: Opencadd (2023)

Dentro dessas inovações tecnológicas, tem a inteligência artificial (IA), cuja capacidade é apresentada por meio do sistema para interpretar corretamente dados externos, aprender a partir desses dados e utilizar dessa aprendizagem para atingir objetivos e tarefas específicas por meio de adaptação flexível (Kaplan; Haenlein, 2019).

A interação IA e agricultura passa pelo processo de aprendizado do conhecimento das máquinas e a alimentação dos sistemas disponibilizados para que sejam inseridas no contexto em questão, ao permitir a execução de tarefas específicas e a solutividade de problemas definidos, conforme discorrem Jha et al. (2019).

Nesta perspectiva, pode-se ainda fazer a inserção da Internet das Coisas (IoT), na agricultura, como sendo uma ferramenta potente para gerenciar todos os níveis da cadeia alimentar.

A IoT é uma combinação de diversas tecnologias complementares que viabilizam a integração de objetos do ambiente físico ao mundo virtual. Esta tecnologia pode prover diversos serviços, como monitoramento de temperatura, coordenadas geográficas, agregação de dados, colaboração e inteligência; tornando possível gerenciar operações a centenas de quilômetros de distância, rastrear bens que cruzam o oceano ou detectar a

ocorrência de pragas ou doenças na plantação (Villafuerte, 2018, p. 153).

O resultado da aplicação da IoT é a permissão de inspecionar e monitorar a produção, realizar a análise e avaliação de crescimento das colheitas, fazer a supervisão do desempenho dos sistemas e criar ações preventivas no controle de pragas.

A tecnologia IoT possui um grande potencial e uma necessidade de expansão no agronegócio brasileiro. No entanto, para que esse crescimento seja viável e acessível aos produtores, é necessário melhorar a infraestrutura e os sistemas de suporte à produção, bem como garantir a disponibilidade de rede de internet sem fio. Já existem no mercado sistemas e equipamentos com tecnologia IoT para a manipulação de máquinas agrícolas, controle fitossanitário, estações meteorológicas (dados climáticos) e pecuária de precisão, entre outras atividades agrícolas (Nogueira, 2020, p. 39).

Os benefícios da aplicação da IoT na agricultura vão desde o monitoramento da qualidade do solo, até a consolidação das informações e criação de estratégias para o plantio e melhoramento das práticas agrícolas.

Figura 2 – Internet da coisas na agricultura



Fonte: Época Negócios (2019)

Deste modo, o pensamento de Silva e Demo (2020) é direcionado para a questão da revolução industrial no agronegócio, especialmente no aspecto de que, após os avanços da Revolução 4.0 na agricultura, teve um impacto positivo em diferentes aspectos. A indústria tem sido capaz de melhorar e aperfeiçoar seus processos e desenvolvimento graças às lições que foram apresentadas pela implementação de novas ferramentas e conhecimentos.

No percurso histórico da agricultura, que vai desde a tração animal, para a realização das atividades no campo, denominada de Agricultura 1.0, passando pela substituição desses animais por motores movidos a combustão, chegando à Agricultura 2.0, e, introduzindo o Sistema de Posicionamento Global (GPS, com a Agricultura 3.0, até os dias atuais, com a Agricultura 4.0,

utilizando integração, conectividade e automação, sobretudo pelo uso de máquinas avançadas, de veículos não tripulados, de robôs e até mesmo, animais equipados com sensores (Esperidião et al., 2019).

2.1.1 Agricultura 1.0

As origens da agricultura no Brasil remontam aos povos indígenas que habitavam o território antes da chegada dos colonizadores europeus. Esses povos praticavam uma agricultura de subsistência, cultivando uma variedade de culturas nativas. Com a chegada dos colonizadores europeus no século XVI, a agricultura no Brasil passou por significativas transformações. Os colonizadores introduziram novas plantas e animais trazidos da Europa, África e Ásia, como o trigo, a cana-de-

açúcar, o gado bovino e suíno. Eles também estabeleceram as primeiras fazendas e engenhos de açúcar, promovendo a monocultura e o sistema de plantation (Oliveira et al., 2024).

Durante a Agricultura 1.0 no Brasil, as tecnologias agrícolas eram rudimentares e baseadas em métodos tradicionais. Os povos indígenas e colonizadores utilizavam ferramentas simples, como a enxada, a foice e o arado de madeira, para preparar o solo, semear e colher. Eles também faziam uso de técnicas de irrigação rudimentares, como a construção de canais de água e barragens de terra.

2.1.2 Agricultura 2.0

A partir da década de 50, houve uma ampla adoção de tecnologias mecânicas que revolucionaram o trabalho agrícola. Isso incluiu a introdução de máquinas como tratores, colheitadeiras, semeadoras mecânicas, pulverizadores e implementos agrícolas.

A Agricultura 2.0 teve um impacto significativo no desenvolvimento socioeconômico do Brasil. Ela contribuiu para o aumento da produção agrícola, o crescimento da economia rural e a geração de empregos no campo. Além disso, a modernização do setor agrícola permitiu a diversificação da produção e a integração do Brasil nos mercados globais de alimentos (Souza, 2022).

2.1.3 Agricultura 3.0

Com os avanços tecnológicos a partir de 1990, e acompanhada da Revolução Industrial 3.0, temos o surgimento da Agricultura 3.0. Essa nova era é marcada com o surgimento das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) no setor agrícola. Temos como principais destaque para a agricultura 3.0 no Brasil a introdução de ferramentas de coleta de dados, para ajudar os agricultores na tomada de decisão, o uso do GPS, sensores, e imagens de satélites, e o surgimento da agricultura de Precisão (Oliveira et al., 2024).

2.1.4 Agricultura 4.0

Com o Surgimento da Quarta Revolução Industrial, a partir do ano de 2011, tem-se o surgimento da Agricultura 4.0. que é marcada por fatores ligados à integração de tecnologias digitais avançadas. No Brasil, tem-se uma rápida adoção de tecnologias avançadas que revolucionaram a forma como as atividades agrícolas são planejadas, executadas e monitoradas (Villafuerte, 2018).

Entre outros, os argumentos sobre os quais há mais ênfase é colocado quando se fala sobre os benefícios da agricultura 4.0, que são os seguintes, de acordo com Pompeu; Careta (2020): a) aumento da produtividade; b) alocação razoável de recursos; c) adaptação às mudanças climáticas; d) redução do desperdício de alimentos.

Isso incluiu a implementação de sensores IoT em máquinas agrícolas e equipamentos, sistemas de monitoramento remoto de lavouras por meio de drones e satélites, análise de big data para tomada de decisões baseada em dados e o uso de algoritmos de IA para otimização de processos agrícolas (Moraes, 2021).

2.1.5 Agricultura 5.0

A agricultura 5.0 é caracterizada como a Quinta Revolução do setor agrícola, é a mais recente e iniciou a partir de 2022. Ela é caracterizada pela integração das tecnologias já existentes, principalmente da Internet das Coisas (IoT) e Inteligência Artificial (IA), com o objetivo de aumentar os ganhos de produtividade, sustentabilidade e lucratividade. As principais inovações da Agricultura 5.0 são máquinas de Semeadura e Colheitadeira, nas quais essas máquinas realizam todas as suas atividades de campo sozinhas, sem intervenção humana, a realização de Pulverização feita por drones, e a Análise de fertilidade e de solo, através do uso de Inteligência Artificial (Moares, 2021).

Nas palavras de Rodrigues (2023), os objetivos da agricultura 5.0 vão desde o fomento ao uso de tecnologias inovadoras até a inserção de inteligência artificial e robótica no seu cotidiano, baseando-se em dados adquiridos por meio dos recursos tecnológicos.

A agricultura exige inovação tecnológica para assumir seu protagonismo na cadeia produtiva, no setor primário. Assim, o uso de drones, de inteligência artificial e de Internet das Coisas é uma alternativa viável, por apresentar um monitoramento coerente e uma agricultura mais sustentável, colaborando para o enfrentamento dos desafios atuais que são impostos à agricultura, principalmente na região nordeste, tão carente de inovação tecnológica (Borém et al., 2021).

O sistema de irrigação inteligente baseia-se em princípios de automação e sensoriamento para otimizar o uso da água na irrigação de plantas. Utilizando um sensor de umidade, é possível monitorar os níveis de água no solo em tempo real (Sing et al., 2021).

2.2 TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA A AGRICULTURA DO NORDESTE BRASILEIRO

2.2.1 Sistema fotovoltaico de energia

Ao levar em consideração as demandas por alimento diário em regiões com escassez de água constante, o avanço da modernização da agricultura é uma realidade urgente, sendo uma solução a implantação de soluções tecnológicas com exigência de automação, anexada a utilização de fontes renováveis de energia para captação de água das fontes e barateio da produção (Garcia et al., 2018).

Assim, por meio da utilização da energia solar fotovoltaica como fonte de energia elétrica em sistema de bombeamento de água, tem se tornado cada vez mais frequente, especialmente para aplicações de irrigação. Desta forma, para Sontake; Kalamkar (2019), sabe-se que os sistemas de bombeamento solar tem se mostrado como uma boa alternativa às bombas d'água movidas a grupos motor-gerador diesel ou alimentadas pela rede elétrica convencional, minimizando custos e criando um ambiente mais limpo, sobretudo por ser o Nordeste uma região com disponibilidade de sol quase todos os dias do ano.

Figura 3 - Sistema Fotovoltaico



Fonte: Intelbras (2023)

A utilização do sistema de bombeamento de água através da irrigação, com uso de módulos fotovoltaicos tem a dinâmica da água ser captada de um poço ou mesmo de uma fonte de água superficial e lançada por bomba hidráulica no seu destino final. Neste caso, a vantagem reside no fato de que a planta está necessitando de maior atenção por parte de água no mesmo instante que a radiação solar está mais forte, e, neste mesmo momento, o fornecimento de radiação para alimentar o sistema também está em maior intensidade (Olcan, 2015).

2.2.2 Sistema de Irrigação por Gotejamento Inteligente

Para que o sistema tenha eficiência, analisam-se fatores como pressão, vazão e lâminas de água que são aplicadas. Assim, este sistema é conhecido como de alta eficiência, sobretudo pela redução de perda de água, e utilização de um sistema de uniformidade que está relacionada à engenharia hidráulica do sistema e, principalmente, os parâmetros da eficiência do sistema na qual envolve aspectos agrônômicos da cultura (Alves et al., 2020).

Almeida et al., (2017) apresenta como importante o processo de avaliação do sistemas de irrigação por gotejamento, com aspectos como vazão, tempo de irrigação e uniformidade de aplicação de água, nos quais são considerados fundamentais para tomadas de decisões em relação ao diagnóstico do sistema.

De acordo com estudos de Rodrigues et al., (2013), neste método tem um menor consumo de energia e também de uso de água, bem como, número reduzido de mão-de-obra, para o manejo do sistema. Também é necessário que se tenham sistemas de filtragem para seu correto funcionamento podendo apresentar valores de eficiência de uniformidade de aplicação de água da ordem de 85 a 95%, vislumbrando a necessidade de distribuição de água pelo sistema de irrigação localizada que é influenciada pela alteração de pressão ao longo das tubulações, devido ao entupimento dos emissores.

É uma realidade visível de todos os benefícios ambientais, advindos do progresso a partir da utilização do sistema de irrigação inteligente, especialmente em apresentar a redução do desperdício de água, isso porque,

quando se faz o monitoramento de níveis como umidade do solo e ajuste dos fatores da irrigação de acordo com as necessidades das plantas, esse sistema evita o uso excessivo de água, que é um recurso cada vez mais escasso em muitas regiões do mundo. Isso não apenas reduz os custos para os agricultores, mas também preserva os recursos hídricos para as gerações futuras (Pinto, 2024).

Desta forma, mediante a implantação do sistema de irrigação inteligente, tem-se a contribuição para que aconteça a preservação dos recursos hídricos ao minimizar a contaminação do solo e das águas subterrâneas por produtos químicos utilizados na irrigação convencional. As vantagens estão presentes por fazer o uso correto da quantidade certa de água na hora certa, esse sistema reduz a lixiviação de nutrientes e agroquímicos para o solo, protegendo assim a qualidade da água e o ecossistema local (Comas, 2018).

2.2.3 Agricultura de Precisão (AP)

Por agricultura de precisão compreende-se as técnicas que permitem a realização de localização dos cultivos, através da busca de melhor rendimento, por meio do uso de um processo de gerenciamento, cujos resultados são a análise das características químicas e físicas do solo, para um controle mais eficiente de pragas e manuseio de máquinas agrícolas (Gomes, 2024).

Para que se realizem inovações por meio da AP, maximizam-se a inserção de ferramentas e junção de novas tecnologias que são disponibilizadas no mercado, dentre estas, uso de tratores, adubadores, pulverizadores, por meio de controles remotos e até mesmo, de software, conforme apresentam Oliveira et al., (2020).

Para Campo (2020), o campo tem hoje à sua disposição Sistemas de Posicionamento Global (GPS), Sistemas de Informações Geográficas (SIG), e drones, dentre tantas outras tecnologias rurais inovadoras, que permitem realizar uma captura de imagem de alta resolução, aplicação de defensivos agrícolas de forma mais segura e mapeamento da lavoura.

Neste sentido, falar de AP é discorrer sobre a disposição ao agricultor de tecnologias eficientes, tais como os veículos aéreos não tripulados (VANTS), conhecido popularmente como drone, cuja eficiência e

baixo custo permitem uma otimização na produção agrícola (Oliveira et al. 2020).

Nesta perspectiva, a AP sempre usará o drone por ser uma tecnologia eficiente e barata, cujos resultados são satisfatórios para qualquer cultura e diversas finalidades. Estudos desenvolvidos por Cavalcante et al., (2020)

apresentam que, por meio do uso do drone na agricultura, tem-se uma flexibilização e custo baixo quando se trata de captação de dados para tomada de decisão de maneira eficiente no cultivo e manuseio do solo.

Figura 4 - Agricultura de Precisão (AP)



Fonte: Bayer Brazil (2022)

É apresentado por Gonçalves; Cavichioli (2021) as vantagens da utilização e implantação dos drones na agricultura, resultando em redução do tempo de monitoramento da área cultivada, mapeamento de áreas de difícil acesso, descobrimento de adversidades na plantação, sobretudo das pragas, e das doenças na plantação, importância de conhecer a medição da concentração de água e nutrientes no solo, custo reduzido e imagens de alta qualidade.

Ainda sobre a Agricultura de Precisão, sabe-se ser esta uma eficaz ferramenta que resulta em contribuições significativas para o produtor rural, mesmo que, em alguns casos, torna-se algo caro o custo, mas que os resultados satisfatórios, por permitir o contato com o solo de forma menos agressiva ao meio ambiente por seus insumos serem aplicados de forma mais precisa.

2.2.4 AgriTech

Com a implantação da IoT na agricultura, surge uma inovação tecnológica que é a utilização de sistema eficiente de inovar, contribuindo para a modificação do ambiente de trabalho no campo, buscando startups, inserindo a tecnologia da informação na busca de melhoramento dos fatores ambiental e social. Desta forma, o AgriTech nada mais é do que uma perspectiva voltada para a solução dos problemas do cotidiano na agricultura (Moares, 2021).

Figura 6 – AgriTech



Fonte: CIO GLOBAL (2025)

Para Babenko et al., (2022), utiliza-se do AgriTech nas operações agrícolas para o desenvolvimento da agricultura inteligente, por ser uma inteligência artificial eficiente, recorrendo ao suporte de dispositivos móveis, redes de comunicação, drones, robótica e inteligência artificial para aprimorar a gestão no campo. Essas tecnologias representam uma oportunidade significativa para impulsionar os processos de negócios na agricultura e aumentar sua eficiência.

2.2.5 Potenciais barreiras para inovação tecnológica na agricultura

A implantação de inovação tecnológica na agricultura, esbarra-se em barreiras e deficiências para sua inserção no contexto da era digital, especialmente por 3 fatores distintos: Tecnológico, Econômico e Político (Bolfé, 2022).

No aspecto tecnológico, destacam-se fatores como problemas operacionais, técnicos e de manutenção de equipamentos, alinhados às dificuldades de compra de

equipamentos e máquinas na própria região, e ainda a falta de uso de máquinas modernas nas suas lavouras, conforme apresentam Haberli Junior et al., (2019).

Neste sentido, Araújo (2023) apresenta que, o desenvolvimento tecnológico é um fator que dificulta a inserção de novas práticas na agricultura, por esta própria tecnologia ser desenvolvida em outros países, dificultando o acesso do agricultor a essas novidades, especialmente devido as ausências de ações governamentais para o incentivo.

Ainda existe falta de conectividade no campo, internet lenta e até ausência dela, infraestrutura para oferta de 4 G (internet), ou até mesmo, conforme apresentado por Babenko (2022), as deficiências estruturais que são apresentadas em razão de um alto número de dispositivos conectados a uma mesma rede, causando lentidão no sistema de comunicação.

Outro que chama a atenção, compreendido com barreira, é o fator econômico, em consequência do elevado custo para aquisição de equipamentos e conectividade às novas tecnologias.

Para algumas empresas o alto custo de investimento tornou-se um potencial barreira para inovação tecnológica. Contudo, a influência da legislação reguladora, dos agentes externos como associações, órgãos do setor, políticas públicas, podem amenizar esse impacto contribuindo para que as empresas tenham acesso a tecnologia e superem os desafios financeiros (Vieira, 2023, p. 12).

Neste sentido, já evidencia o fator econômico como sendo uma grande dificuldade para a implantação de novas tecnologias na agricultura nordestina, especialmente para os pequenos agricultores, que dispõem de pouco recurso financeiro para investimento.

No pensamento de Pivoto et al., (2019), é preciso construir soluções para que se insira um ritmo de desenvolvimento da nova agricultura intensiva, buscando alternativas para que se tenha a superação dos desafios de tornar as soluções acessíveis a todos os tipos de produtores rurais, de modo que não haja custos elevados, expressando também uma necessidade de conectividade com baixo custo nas fazendas, advindos da problemática de que, ao solucionar os desafios, é preciso encontrar alternativas viáveis para que a tomada de decisão agrícola acarrete em tecnologias da agricultura.

Por fim e não menos importante, é a deficiência política, já evidente na falta de investimentos e incentivos para esta região em desenvolver a agricultura e não se justifica a ausência de chuvas, pois o que se tem é falta de políticas hídricas para acúmulo das águas pluviais, tipo construção de barragens e açudes. Neste sentido, Vieira Filho (2014) leciona sobre a importância da criação de políticas públicas que possam, além de incentivar a geração de tecnologias, integrar conhecimentos, gerar insumos tecnológicos mais baratos e acessíveis, prover maior infraestrutura rural e condições para a distribuição dos produtos, qualificar os agricultores e operadores das máquinas e fortalecer a cadeia produtiva.

Para que a agricultura 4.0 tenha seu protagonismo na região Nordeste, é necessário que se tenha uma governança adaptativa entre os detentores das tecnologias e os produtores (compradores em potencial), com princípios comuns, para facilitar e estimular o desenvolvimento de tecnologias agrícolas, com a metodologia de maior investimento em capacitação, incentivo financeiro para a aquisição de máquinas e tecnologias adaptativas para o caso nordestino, em superação das barreiras e dificuldades que são próprias para esta região, sejam pela cultura, economia, situação econômica, tradicionalismo e medo das novas tecnologias, já vigentes e com as benfeitorias em outras regiões inóspidas, conforme apresentam Zambon et al., (2019).

Portanto, em conformidade com o pensamento de Denver (2019), é primordial compreender sobre as potenciais barreiras e seus aspectos geradores, principalmente os fatores externos e o contexto interno que o agricultor está inserido, não obstante a certeza das superações de tais deficiências resulta em ganhos significativos e aumento da produção e melhoramento do solo e maior contribuição para o meio ambiente.

3 METODOLOGIA

Quanto a metodologia empregada, foi do tipo de uma revisão sistemática, pois permite uma visão geral de determinada situação, mesmo quando houver discordância dos meios para se chegar aos resultados.

Foi realizada busca nas seguintes bases de dados: Literatura Latino-americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS); no diretório de revista Scielo e no portal Periódico CAPES, no google acadêmico e em livros e revistas científicas. A coleta de dados foi realizada entre os meses de janeiro a junho de 2025 e fez parte de mais uma fase da pesquisa. Para a coleta de dados foram usados os seguintes descritores em Português, espanhol e inglês: inovações tecnológicas, agricultura e tecnologias alternativas. Foram criadas 3 palavras-chave de busca, para conferir maior abrangência do conteúdo pesquisado, conectados pelos operadores booleanos “AND” e “OR”, e posteriormente em português utilizando “E” e “OU”.

A busca nos bancos de dados apresentou os seguintes resultados:

No quesito avanços tecnológicos na agricultura no Brasil, a partir da visitação aos bancos de LILACS (com 20 artigos visitados e 2 selecionados); Scielo (3 selecionados dum total de 17 visitas); CAPES (20 visitados e 1 selecionado) e Google Acadêmico (com 39 visitas e 5 selecionados).

A busca com o descritivo Tecnologias Alternativas para a agricultura do Nordeste brasileiro nos bancos de dados, os resultados são: LILACS (com 0 artigos visitados); Scielo (5 selecionados dum total de 15 visitas); CAPES (0 visitados) e Google Acadêmico (com 27 visitas e 8 selecionados).

Sobre as Potenciais barreiras para inovação tecnológica na agricultura no banco de dados LILACS (13 artigos foram visitados e 1 selecionado); Scielo (2 selecionados e 19 visitas); CAPES (0 visitados) e Google Acadêmico (com 14 visitas e 6 selecionados).

Utilizando os operadores booleanos “E” e “OU”, os resultados foram os seguintes: no quesito avanços tecnológicos e agricultura no Brasil: nos bancos de dados LILACS (com 20 artigos visitados e 2 selecionados); Scielo (3 selecionados dum total de 17 visitas); CAPES (20 visitados e 1 selecionado) e Google Acadêmico (com 126 visitas e 5 selecionados).

Em se tratando de Tecnologias Alternativas para a agricultura e Nordeste brasileiro, os resultados obtidos foram: LILACS (com 9 artigos visitados e 2 selecionados); Scielo (2 selecionados dum total de 34 visitas); CAPES (41 visitados e 1 selecionado) e Google Acadêmico (com 87 visitas e 2 selecionados).

No descritor Potenciais barreiras para inovação tecnológica e agricultura, tem-se o seguinte: LILACS (com 63 artigos visitados e 3 selecionados); Scielo (1 selecionado dum total de 26 visitas); CAPES (18 visitados e 1 selecionado) e Google Acadêmico (com 129 visitas e 2 selecionados).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização da pesquisa, por meio da visitação aos bancos de dados e plataformas online, utilizando os booleanos “AND” e “OR”, com um total de 184 buscas e seleção de 33 publicações, e utilizando os booleanos “E” e “OU”, com um total de 590 buscas e seleção de 25 publicações, e tem-se os principais resultados, divididos em 3 tópicos a seguir.

4.1 AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA AGRICULTURA NO BRASIL

De acordo com um estudo realizado por Giraldeli (2019), a utilização de drones na agricultura permite um

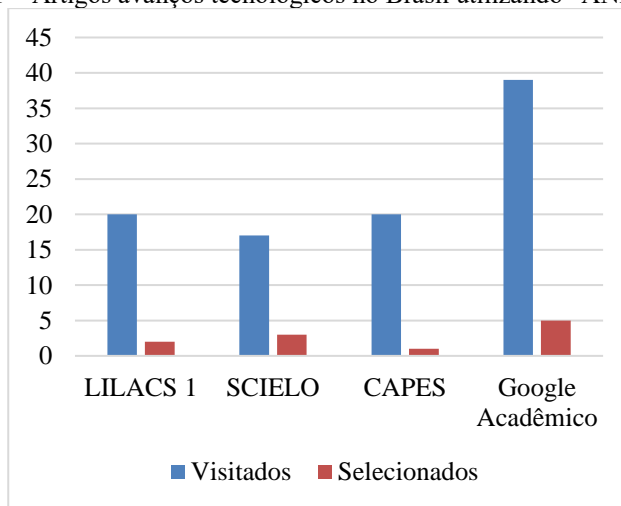
acompanhamento das plantações, por meio do monitoramento através de fotografias tiradas pelos drones, o que se torna possível identificar: falhas no plantio, locais com alta infestação de plantas daninhas, precisão nos locais de ataque de pragas e atuação de doenças, com ausência de falhas no processo de irrigação, são alguns dos benefícios oriundos dos drones na agricultura. Ainda tem-se como destaque, o aspecto do monitoramento, com a utilização de sensores infravermelhos, cuja capacidade é de monitorar cada planta, conseguindo visualizar o mapeamento de pragas e doenças, assim como sua disseminação, você pode tomar decisões mais rápidas. Isso evita perdas maiores de produtividade.

Ao discorrer sobre os avanços tecnológicos na agricultura, Andrade (2016) apresenta a importância em inserir o drone no contexto produtivo, por ser uma ferramenta com capacidade de proporcionar melhor eficiência nas propriedades e ainda chama a atenção para a questão dos custos operacionais, com uma variação de modelos de acordo com cada propriedade, facilitando o acesso tanto de pequenos como de grandes produtores.

Nesta perspectiva de utilização de tecnologia na agricultura, Nogueira (2020), apresenta, demarcação de áreas com a visão aérea proporcionada pelo drone, passa-se a ter mais propriedade para fazer a demarcação de áreas de irrigação, aplicabilidade de insumos e plantio. Assim, pode selecionar as melhores áreas para plantio, evitando que sejam ultrapassados limites.

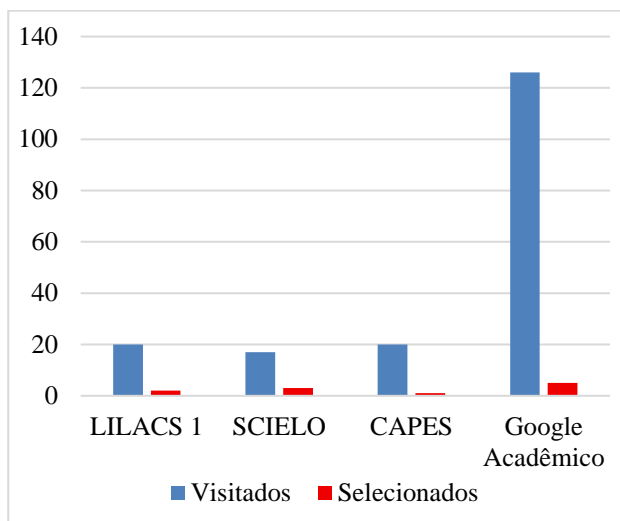
Desta forma, para Andrade (2016), ao fazer uso do drone, tem-se a localização de falhas e a precisão exata onde deve acontecer a intervenção, sobretudo porque este monitoramento auxilia na redução significativa das falhas, prevenindo que o crescimento das plantas e a produção sejam prejudicados.

Gráfico 1 – Artigos avanços tecnológicos no Brasil utilizando “AND” e “OR”



Fonte: elaborado pelo autor (2025)

Gráfico 2 – Artigos avanços tecnológicos no Brasil utilizando “E” e “OU”



Fonte: elaborado pelo autor (2025)

Segundo o estudo desenvolvido por Bolfe e Massruhá (2020), falar de inovação na agricultura é reconhecer a inserção das tecnologias digitais no meio rural, por ser uma realidade já presente em muitas fazendas e propriedades produtoras de diversos plantios, o que resulta em maior competitividade na hora de comercializar e agregar valores, quando põe fim às barreiras que são próprias da produção agrícola.

Esses avanços tecnológicos passam pelas revoluções. Assim, a primeira revolução industrial, a qual teve início no final do século XVIII, na Inglaterra, marcou o surgimento de máquinas a vapor, da mecanização da agricultura e o início da era da produção em massa. Essas inovações proporcionaram um aumento significativo na produtividade agrícola e transformaram radicalmente a forma como os alimentos eram produzidos, processados e distribuídos. No Brasil, os impactos dessa revolução foram sentidos principalmente no contexto da produção de café, que se tornou um dos principais produtos de exportação do país (Pompeu, 2020).

A segunda revolução industrial, que teve início nos séculos XIX e XX, trouxe avanços ainda mais significativos para a agricultura, incluindo a introdução de máquinas agrícolas movidas a combustíveis fósseis, como tratores e colheitadeiras, e o desenvolvimento de técnicas de produção em larga escala. Essas inovações permitiram uma produção agrícola mais eficiente e intensiva, impulsionando o crescimento da agricultura comercial e a expansão das áreas cultivadas em todo o mundo (Souza, 2020).

No século XXI, estamos testemunhando uma nova revolução na agricultura, impulsionada pela tecnologia digital, conhecida como Agricultura 4.0 ou Agricultura de Precisão. Esta revolução está sendo alimentada por avanços em áreas como sensoriamento remoto, Internet das Coisas (IoT), análise de dados, inteligência artificial e automação. Essas tecnologias estão sendo aplicadas em todas as etapas da cadeia produtiva, desde o planejamento e o monitoramento das lavouras até a comercialização e a distribuição dos produtos agrícolas (Costache et al., 2019).

4.2 TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA A AGRICULTURA DO NORDESTE BRASILEIRO

A partir das tendências inovadoras que a agricultura tem adotado nos últimos anos, a agricultura digital é um caminho sem volta e uma tendência mundial para aumentar a produtividade e a eficiência agrícola, sobretudo pelo avanço tecnológico, que tem contribuído para os agricultores tomarem decisões informadas sobre quando plantar, quando colher e como cuidar das lavouras.

Neste sentido, estudos realizados por Bolfe; Massruhá (2020) apresentam que, as tecnologias digitais amplificam as inovações e a interação entre os elos das cadeias produtivas agrícolas, promovendo novas abordagens e aplicações para fabricantes de insumos, produtores rurais, processadores, distribuidores e consumidores. São inovações que vão desde a utilização de aplicativos, que permitem melhorar o controle, o monitoramento e a padronização das operações industriais, visando a uma maior eficiência e um menor uso de recursos naturais até o uso de drones.

Segundo Sontake e Kalamkar (2019), a utilização de energias renováveis é incentivada a nível mundial como parte dos esforços para mitigar as alterações climáticas, promover a segurança energética e criar um futuro mais sustentável e barateamento do sistema produtor rural. Assim, é apresentado que, a integração de energia renovável na agricultura envolve a utilização de fontes de energia limpa, como solar, eólica e biomassa, para abastecer operações agrícolas. Em vez de depender exclusivamente de fontes de energia não renováveis, os agricultores estão adotando tecnologias renováveis para impulsionar máquinas, irrigação e outras atividades agrícolas.

De acordo com um estudo realizado por Oliveira et al., (2020), a agricultura de precisão tem-se destacado por fazer uso de técnica de manejo, com capacidade de gerenciar todo o sistema de produção agrícola, ao usar tecnologias modernas, como por exemplo, a tecnologia de informação e o princípio da variabilidade espacial e

temporal, sendo fundamental para o desafio da crescente demanda de produção de alimentos.

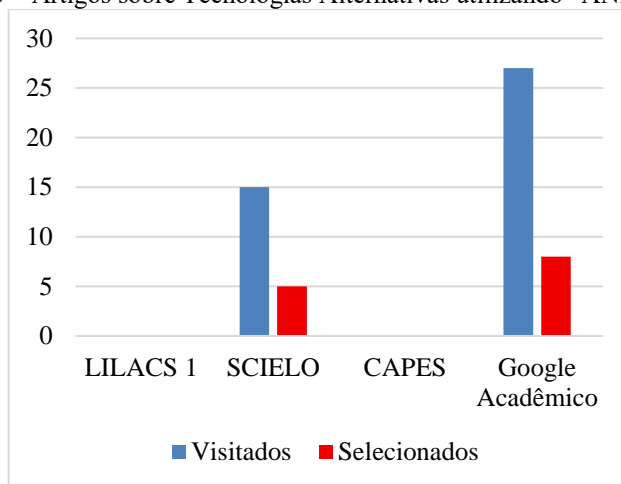
Pode-se frisar que, conforme apresentado por Oliveira et al., (2020), é apresentado fatores que tem se tornado desafiados para a implementação da agricultura, ao passo que, chega ao comprometimento da eficácia da irrigação, por não permitir a precisão nos aspectos de medições e registros relacionados à umidade do solo, de pressão do sistema, da vazão e variáveis climáticas são complexos de serem realizados de forma precisa.

Neste contexto, estudos realizados com a finalidade de apresentar a funcionalidade e eficiência na irrigação por meio da AP, demonstram a necessidade de otimização e automatização dos sistemas de irrigação

ligando principalmente o fator de umidade do solo através de equipamentos como o nó sensor, que é capaz de mensurar a quantidade de umidade presente no solo e enviar os dados obtidos para a estação em campo.

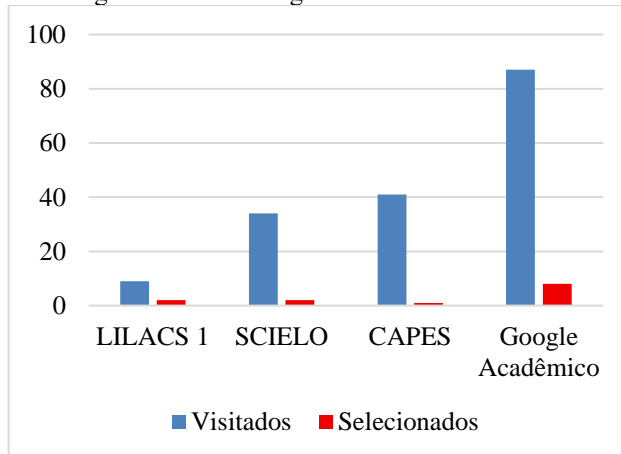
Deste modo, a agricultura de precisão tem um papel essencial na otimização dos insumos agrícolas, com o intuito de reduzir os custos, mitigar os efeitos da poluição ambiental e melhorar as características do solo. Por fim, na agricultura de precisão são os sensores, equipamentos de alta capacidade operacional utilizados para leituras pontuais georreferenciadas, sendo possível determinar alguns atributos do solo, por exemplo, condutividade elétrica, pH e matéria orgânica.

Gráfico 3 – Artigos sobre Tecnologias Alternativas utilizando “AND” e “OR”



Fonte: elaborado pelo autor (2025)

Gráfico 4 – Artigos sobre Tecnologias Alternativas utilizando “E” e “OU”



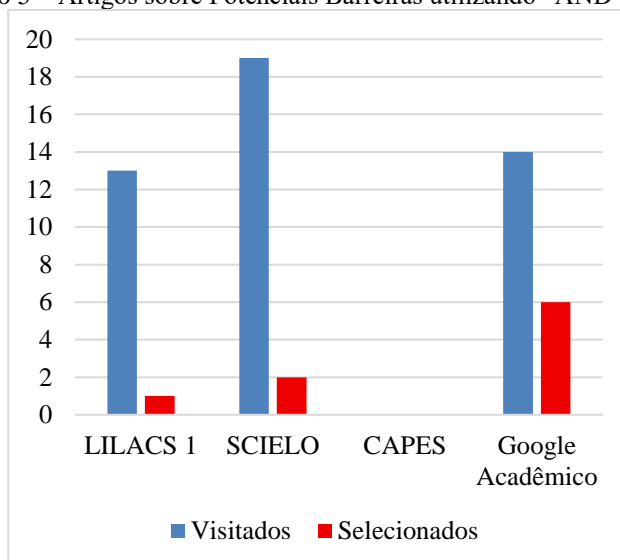
Fonte: elaborado pelo autor (2025)

4.3 POTENCIAIS BARREIRAS PARA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA AGRICULTURA

Estudos realizados por Araújo (2023), traz um panorama do sobre os sistemas agroindustriais como um

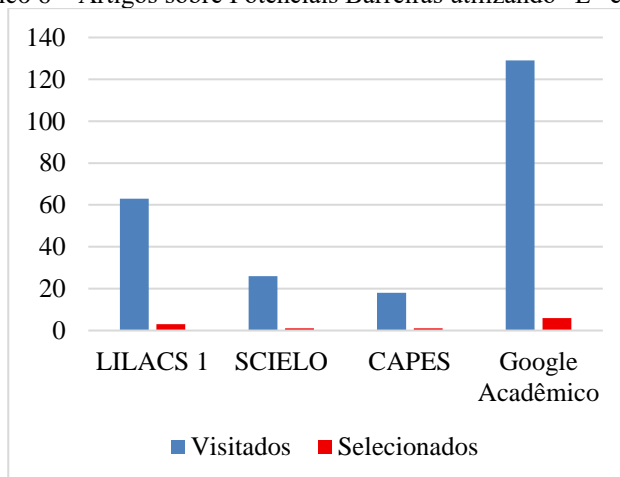
todo, desde as características de sua produção até o suporte específico a áreas como marketing, logística e custo, e tecnologias aplicadas no processo produtivo, sobretudo pela ausência de produção ser realizada em outros países.

Gráfico 5 – Artigos sobre Potenciais Barreiras utilizando “AND” e “OR”



Fonte: elaborado pelo autor (2025)

Gráfico 6 – Artigos sobre Potenciais Barreiras utilizando “E” e “OU”



Fonte: elaborado pelo autor (2025)

Sobre as barreiras existentes para a implantação de inovação tecnológica na agricultura, Araújo (2023) apresenta que, a ausência de tecnologia nacional agregando preço alto, falta de conhecimento específico do agricultor, incentivos tardios e pífios, ausência de políticas públicas mais eficazes e, internet lenta e até ausência dela, infraestrutura deficitária, e o fator econômico, em consequência do elevado custo para aquisição de equipamentos e conectividade às novas tecnologias.

Num estudo realizado por Andrade (2016), ao apresentar as dificuldades da implantação de novas tecnologias na agricultura, quando se fala em uso de drones, tem a ausência de regulamentação para o livre comércio do produto, resultando na dificuldade de acesso, principalmente dos produtores, que para utilizarem tal tecnologia, acarretando na dependência do produtor para com empresas terceirizadas e pesquisadores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de uma agricultura inovadora, capaz de superar barreiras e desafios é uma tendência mundial, sobretudo pela utilização de novas tecnologias, seja na irrigação, no uso de máquinas e equipamentos, na inserção da Tecnologia das Coisas, por meio da automação eficiente.

Assim, é importante apresentar através do levantamento bibliográfico as contribuições da integração que as tecnologias de sensoriamento, de automação, de monitoramento, de mapeamento e de promoção do cultivo sustentável são essenciais para o melhor aproveitamento do solo e aumento de ganhos dos produtores, principalmente nas regiões semiáridas.

Desta forma, com precisão, foram apresentados os aspectos das inovações tecnológicas, especificando a utilização da inteligência artificial (IA), cuja capacidade é apresentada por meio do sistema para interpretar corretamente dados externos, aprender a partir desses dados e utilizar dessa aprendizagem para atingir objetivos e tarefas específicas por meio de adaptação flexível, e evidenciando que, o uso da IA e agricultura passa pelo

processo de aprendizado do conhecimento das máquinas e a alimentação dos sistemas disponibilizados para que sejam inseridas no contexto em questão, ao permitir a execução de tarefas específicas e a solutividade de problemas definidos.

Outra constatação sobre os benefícios das inovações tecnológicas na agricultura passa pela utilização do sistema de bombeamento de água através da irrigação, com uso de módulos fotovoltaicos a qual tem a dinâmica da água ser captada de um poço ou mesmo de uma fonte de água superficial e lançada por bomba hidráulica no seu destino final.

Desta forma, mediante a implantação do sistema de irrigação inteligente, tem-se a contribuição para que aconteça a preservação dos recursos hídricos ao minimizar a contaminação do solo e das águas subterrâneas por produtos químicos utilizados na irrigação convencional.

Ainda se destacou os desafios da implantação de inovação tecnológica na agricultura em regiões semiáridas, e que essa se esbarra em barreiras e deficiências para sua inserção no contexto da era digital, que são fatores Tecnológico, Econômico e Político.

Dentre as principais dificuldades em produzir sobre os avanços tecnológicos na agricultura no Brasil e os desafios para implementação na região semiárida, a falta de referencial bibliográfico foi o fator de maior relevância, por escassez de produção científica sobre o tema, minimizando o enriquecimento desta produção acadêmica.

Ao concluir este trabalho, argumenta-se sobre o fato da importância dos avanços das tecnologias presentes no manuseio de práticas agrícolas, tornando-se assim, indispensável para a sua prática cotidiana. Desta forma, mesmo com todos os desafios na produção, ao fazer uma aplicação eficiente de insumos e o uso de tecnologias modernas permitem identificar áreas com maior produtividade, resultando em maior eficácia na produção agrícola.

REFERÊNCIAS

ALVES, D. K. M. *et al.* Grau de entupimento em um sistema de irrigação localizada submetido a diferentes tempos de funcionamento. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. 1-25, 2020.

ANDRADE, R. de O. Drones sobre o campo: Avanços tecnológicos ampliam as possibilidades do uso de aeronaves não tripuladas na agricultura. **Pesquisa FAPESP**, n. 239, jan. 2016. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2016/01/12/drones-sobre-o-campo/>. Acesso em: 14 nov. 2024.

ARAÚJO, M. J. **Fundamentos de Agronegócios**. São Paulo: Atlas, 2023.

BABENKO, V. *et al.* Agritech startup ecosystem in Ukraine: ideas and realization. In: **Digital Transformation Technology**. Singapore: Springer, 2022. p. 311-322.

BATINGA, G. L. *et al.* AMBIGUIDADES DA INDÚSTRIA 4.0. **Encontro Internacional de Gestão**,

Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN), v. 5, n. 1, 2021.

BAYER BRAZIL. **Agricultura de Precisão: produzindo mais com menos**. Disponível em: <https://www.bayer.com.br/pt/af/blog/agricultura-de-precisao-produzindo-mais-com-menos>. Acesso em: 25 maio 2025.

BOLFE, E.; MASSRUHÁ, S. A transformação digital e a sustentabilidade agrícola. **Agroanalysis**, v. 40, p. 32-34, mar. 2020.

BORÉM, A. *et al.* **Agricultura Digital**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2021.

CAMPO, P. do. **Agricultura de precisão**. Piracicaba: Inovações do campo, 2020. Disponível em: http://www1.portaldocampo.com.br/inovacoes/agric_preci_sao.htm. Acesso em: 16 nov. 2024.

CAVALCANTE, W. S. S. *et al.* **Tecnologias e inovações no uso de drones na agricultura /Technologies and innovations in the use of drones in agriculture**. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/358366784_Tecnologias_e_inovacoes_no_uso_de_drones_na_agricultura_Technologies_and_innovations_in_the_use_of_drones_in_agriculture. Acesso em: 16 nov. 2024.

CIO GLOBAL. **Agritech: The future of farming**. Disponível em: <https://thecioglobal.com/agritech-the-future-of-farming/>. Acesso em: 25 maio 2025.

COMAS, C. C. **Agricultura é uma aliada no uso e conservação d'água**. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/38956116/agricultura-e-uma-aliada-no-uso-e-conservacao-dagua>. Acesso em: 2 jun. 2024.

COSTACHE, A. G. *et al.* The gap between the knowledge of virtual enterprise actor and knowledge demand of industry 4.0. In: DAAAM INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTELLIGENT MANUFACTURING AND AUTOMATION, 28., 2019, Vienna. **Annals [...]**. Vienna, 2019. p. 743-749.

DENVER, W. **Tecnologia na agricultura: importância e principais inovações**. São Paulo: [s. n.], 2019.

ÉPOCA NEGÓCIOS. **Conheça 6 aplicações da internet das coisas que já estão tornando o mundo melhor**. Disponível em: <https://epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2019/03/conheca-6-aplicacoes-da-internet-das-coisas-que-ja-estao-tornando-o-mundo-melhor.html>. Acesso em: 25 maio 2025.

ESPERIDIÃO, T. L.; SANTOS, T. C.; AMARANTE, M. S. Agricultura 4.0: Software de Gerenciamento de Produção. **Pesquisa e Ação**, Mogi das Cruzes, v. 5, n. 4, 2019.

GARCIA, M. DA S.; VILPOUX, O. F.; CEREDA, M. P. Distributed electricity generation from sugarcane for agricultural irrigation: A case study from the midwest region of Brazil. **Utilities Policy**, v. 50, p. 207–210, 2018. GIRALDELI, A. **Drones na agricultura: como eles te ajudam a lucrar mais**. Porto Alegre: Aegro, 2019.

GOMES, L. E. B. **Tendências tecnológicas na agricultura: Um panorama das principais inovações e seus impactos**. Petrolina: [s. n.], 2024.

INTELBRAS BLOG. **10 vantagens da energia solar**. Disponível em: <https://blog.intelbras.com.br/porque-usar-energia-solar-fotovoltaica/>. Acesso em: 25 maio 2025.

JHA, K. *et al.* A comprehensive review on automation in agriculture using artificial intelligence. **Artificial Intelligence in Agriculture**, v. 2, p. 1-12, 2019.

KAPLAN, A.; HAENLEIN, M. Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. **Business Horizons**, v. 2, n. 1, p. 15-27, 2019. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007681318301393?via%3Dihub>. Acesso em: 14 nov. 2024.

LOZADA, G. **Metodologia Científica**. São Paulo: Sogah Educação, 2018.

MORAES, A.; HAYASHI, V. T. **Segurança em IoT: Entendendo os riscos e ameaças em Internet das Coisas**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2021.

NOGUEIRA, A. C. **Internet das Coisas no Agronegócio: Fundamentos e Políticas**. [S. l.]: Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas, 2020. (Informações FIPE).

OLCAN, C. Multi-objective analytical model for optimal sizing of stand-alone photovoltaic water pumping systems. **Energy Conversion and Management**, v. 100, p. 358–369, 2015.

OLIVEIRA, A. J. *et al.* Potencialidades da utilização de drones na agricultura de precisão / drones potentiality use in precision agriculture. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 64140–64149, 2020.

Disponível em:
<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/15976>. Acesso em: 16 nov. 2024.

OLIVEIRA, M. A. *et al.* Inovações na agricultura orgânica: revisão sistemática e bibliométrica de literatura. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 62, n. 2, 2024.

OPENCADD. **Como a utilização de drones pode ajudar na agricultura e na aplicação precisa de fertilizantes e pesticidas?** Disponível em:
<https://www.opencadd.com.br/blog/drones-e-machine-learning-agricultura>. Acesso em: 25 maio 2025.

PANPATTE, D. G. **Artificial intelligence in agriculture: An emerging era of research**. Anand: Anand Agricultural University, 2018.

PINTO, G. **Irrigação inteligente: máxima precisão no consumo de água**. 2024. Disponível em:
<https://v2com.com/2024/03/15/irrigacao-inteligente/>. Acesso em: 2 jun. 2024.

PIVOTO, D. *et al.* Factors influencing the adoption of smart farming by Brazilian grain farmers. **International Food and Agribusiness Management Review**, v. 22, 2019.

POMPEU, E. F.; CARETA, C. B. Industry 4.0 and Agribusiness: Survey of Applications in “Vale do Piracicaba” Indústria 4.0 e Agronegócio: Levantamento das Aplicações no “Vale do Piracicaba”. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGY MANAGEMENT, 17., 2020, Virtual. **Anais [...]**. São Paulo: CONTECSI, 2020.

RODRIGUES, A. P. A importância do agronegócio nos Estados Unidos na promoção da segurança alimentar. **Agronomia**, São Paulo, v. 3, p. 53-75, jan. 2023. Disponível em:
<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/agronomia/im-portanciado-agronegocio>. Acesso em: 8 jun. 2024.

ROSSI, C.; ADAGUINARIO, L.; TONIAL, G. Competências e habilidades dos colaboradores da indústria 4.0 no setor do agronegócio. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E SEMINÁRIO INTEGRADO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 2021. **Anais [...]**. 2021. p. e28668-e28668.

SILVA, R. A.; DEMO, P. Educação 4.0 para a indústria 4.0: protagonismo do avanço social no cenário introduzido pela sociedade da informação. **Revista de Estudos Interdisciplinares-CEEINTER**, v. 2, p. 1-14, 2020.

SINGH, R. *et al.* **Internet of Things for agriculture 4.0: Impact and Challenges**. Palm Bay: Apple Academic Press, 2022.

SONTAKE, V. C.; KALAMKAR, V. R. Solar photovoltaic water pumping system - A comprehensive review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 59, p. 1038–1067, 2019.

SOTT, M. K. *et al.* Precision Techniques and Agriculture 4.0 Technologies to Promote Sustainability in the Coffee Sector: State of the Art, Challenges and Future Trends. **IEEE Access**, v. 8, p. 149854–149867, 2020.

SOUZA, B. M. de A. **A revolução industrial e a formação de uma ordem econômica internacional**. 2022. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado

em Relações Internacionais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2022.

VIEIRA, D. A. F. Potenciais barreiras para inovação tecnológica no agronegócio: um estudo de dois casos no setor sucroenergético. **Revista Foco**, Curitiba, v. 16, n. 10, p. 01-20, 2023.

VIEIRA FILHO, J. E. Transformação histórica e padrões tecnológicos da agricultura brasileira. *In*: BUAINAIN, A. M. *et al.* (org.). **O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 395-421.

VILLAFUERTE, A. Agricultura 4.0: Estudo de Inovação Disruptiva no Agronegócio Brasileiro. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TECHNOLOGICAL INNOVATION, 9., 2018, Aracaju. **Anais eletrônicos [...]**. Aracaju: API/UFS, 2018. p. 150-162. Disponível em: <http://www.api.org.br/conferences/index.php/ISTI2018/ISTI2018/paper/download/567/276>. Acesso em: 9 abr. 2024.
ZAMBON, I. *et al.* Revolution 4.0: Industry vs. agriculture in a future development for SMEs. **Processes**, 2019.