

# A contribuição da Tecnologia da Informação na agricultura para o desenvolvimento sustentável

*The contribution of Information Technology in agriculture to sustainable development*

*La contribución de las Tecnologías de la Información en la agricultura al desarrollo sostenible*

Henrique da Silva<sup>1</sup>  
Leandro de Lima Santos<sup>2</sup>

## Resumo

SILVA, H. da. A contribuição da Tecnologia da Informação na agricultura para o desenvolvimento sustentável. *Rev. C&Trópico*, v. 48, n. 2, p.191-210, 2024. Doi: [https://doi.org/10.33148/CETROPv48n2\(2024\)2313](https://doi.org/10.33148/CETROPv48n2(2024)2313)

A agricultura sempre foi uma parte fundamental da civilização humana, fornecendo alimentos e matérias-primas essenciais. Ao longo das décadas, no entanto, a agricultura passou por uma transformação significativa impulsionada pelo avanço da Tecnologia da Informação (TI). Hoje, a integração da TI na agricultura desempenha um papel crítico na otimização de processos, aumento da produtividade e melhoria da sustentabilidade do setor agrícola. A importância da Tecnologia da Informação na agricultura pode ser observada em diversas frentes. Além dos benefícios econômicos óbvios, a incorporação da TI na agricultura é fundamental para abordar questões globais urgentes, como a segurança alimentar, a escassez de recursos naturais e as mudanças climáticas. O presente estudo tem como objetivo analisar a importância da tecnologia da informação na agricultura. A metodologia utilizada se trata de uma pesquisa qualitativa, por meio de uma revisão bibliográfica. Conclui-se que a Tecnologia da Informação desempenha um papel cada vez mais vital na agricultura moderna. Ela não apenas aumenta a eficiência e a produtividade, mas também ajuda a moldar o futuro da agricultura de forma sustentável. À medida que a tecnologia continua a avançar, é essencial que os agricultores e a indústria agrícola continuem a abraçar essas inovações para enfrentar os desafios que o futuro apresenta.

**Palavras-chave:** Tecnologia. Agricultura. Produção de Alimentos.

## Abstract

SILVA, H. da. The contribution of Information Technology in agriculture to sustainable development. *Rev. C&Trópico*, v. 48, n. 2, p.191-210, 2024. Doi: [https://doi.org/10.33148/CETROPv48n2\(2024\)2313](https://doi.org/10.33148/CETROPv48n2(2024)2313)

Agriculture has always been a fundamental part of human civilization, providing essential food and raw materials. However, over the decades, agriculture has undergone a significant transformation driven by advancements in information technology (IT). Today, IT integration in agriculture is critical in optimizing processes, increasing productivity, and improving the sustainability of the agricultural sector. The importance of Information Technology in agriculture can be observed on several fronts. In addition to the obvious economic benefits, incorporating IT into agriculture is critical to addressing pressing global issues such as food security, natural resource scarcity, and climate change. The present study aims to analyze the importance of information technology in agriculture. The methodology used is qualitative research, through a bibliographic review. It is concluded that Information Technology plays an increasingly vital role in modern agriculture. It not only increases efficiency and productivity but also helps sustainably shape the future of agriculture. As technology continues to advance, farmers and the agricultural industry must continue to embrace these innovations to meet the challenges that the future presents.

**Keywords:** Technology. Agriculture. Food production.

## Resumen

SILVA, H. da. La contribución de las Tecnologías de la Información en la agricultura al desarrollo sostenible. *Rev. C&Trópico*, v. 48, n. 2, p.191-210, 2024. Doi: [https://doi.org/10.33148/CETROPv48n2\(2024\)2313](https://doi.org/10.33148/CETROPv48n2(2024)2313)

La agricultura siempre ha sido una parte fundamental de la civilización humana, proporcionando alimentos y materias primas esenciales. Sin embargo, a lo largo de las décadas, la agricultura ha

<sup>1</sup> Mestrando em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente pela Universidade de Araraquara (UNIARA)E-mail: [hsilva@uniara.edu.br](mailto:hsilva@uniara.edu.br) Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-7758-4686>

<sup>2</sup> Doutor em Sociologia pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Professor da Faculdade de Ciências Sociais da UFG. E-mail: [leandro.santos@ufg.br](mailto:leandro.santos@ufg.br) Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8413-5372>

experimentado una transformación significativa impulsada por el avance de la tecnología de la información (TI). Hoy en día, la integración de TI en la agricultura juega un papel fundamental en la optimización de procesos, el aumento de la productividad y la mejora de la sostenibilidad del sector agrícola. La importancia de las tecnologías de la información en la agricultura se puede observar en varios frentes. Además de los beneficios económicos obvios, la incorporación de TI a la agricultura es fundamental para abordar problemas globales apremiantes como la seguridad alimentaria, la escasez de recursos naturales y el cambio climático. El presente estudio tiene como objetivo analizar la importancia de las tecnologías de la información en la agricultura. La metodología utilizada es la investigación cualitativa, a través de una revisión bibliográfica. Se concluye que la Tecnología de la Información juega un papel cada vez más vital en la agricultura moderna. No sólo aumenta la eficiencia y la productividad, sino que también ayuda a configurar el futuro de la agricultura de manera sostenible. A medida que la tecnología continúa avanzando, es esencial que los agricultores y la industria agrícola sigan adoptando estas innovaciones para enfrentar los desafíos que presenta el futuro.

**Palabras clave:** Tecnología. Agricultura. Producción de alimentos.

*Data de submissão: 30/06/2024*

*Data de aceite: 30/09/2024*

## 1. Introdução

A Agricultura sempre foi um pilar central da civilização, fornecendo alimentos, fibras e matérias-primas fundamentais para a sobrevivência humana. No entanto, o setor agrícola enfrenta desafios significativos, como o aumento da demanda por alimentos devido ao crescimento populacional global, a pressão sobre os recursos naturais e as mudanças climáticas. Para enfrentar esses desafios e garantir a segurança alimentar futura, a integração da Tecnologia da Informação (TI) na agricultura emergiu como uma solução essencial (Wu et al., 2018).

A importância da TI na agricultura é evidenciada pelo conceito de "Agricultura de Precisão". A Agricultura de Precisão envolve o uso de tecnologias de informação, como GPS, sensores e sistemas de informações geográficas (SIG), para coletar e analisar dados agrícolas em detalhes (Gebbers e Adamchuk, 2010). Essa abordagem possibilita o gerenciamento mais eficiente de recursos agrícolas, como água, fertilizantes e pesticidas. A aplicação precisa de insumos resulta em maior produtividade e redução de custos (López-Granados et al., 2011).

A Agricultura de Precisão também melhora a sustentabilidade agrícola, minimizando a degradação do solo e reduzindo a poluição ambiental (Basso & Ritchie, 2005). Essa abordagem está alinhada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas, em particular, o Objetivo 2: "Fome Zero" e o Objetivo 12: "Consumo e Produção Responsáveis" (ONU, 2021).

Além disso, a Tecnologia da Informação também desempenha um papel crucial na otimização das operações agrícolas. Sensores IoT (Internet das Coisas) estão sendo amplamente utilizados para coletar dados em tempo real sobre condições climáticas, umidade do solo e saúde das plantas (Lavalle et al., 2016). Esses dados são fundamentais para a tomada de decisões informadas pelos agricultores, permitindo-lhes ajustar o manejo das culturas de acordo com as condições específicas do momento.

Outro benefício da TI na agricultura é a capacidade de coletar e analisar grandes volumes de dados, conhecido como Big Data. O Big Data na agricultura permite que os agricultores identifiquem tendências e padrões que não seriam visíveis a olho nu. Isso inclui a detecção precoce de doenças de plantas e a previsão de safras com base em dados históricos e em tempo real (Yin et al., 2016).

A disseminação de informações agrícolas é outra faceta crucial da TI na agricultura. Aplicativos móveis projetados especificamente para agricultores oferecem acesso a informações meteorológicas, preços de mercado, técnicas de cultivo e práticas recomendadas (Qamar et al., 2017). Essas ferramentas capacitam os agricultores, especialmente aqueles em áreas remotas, a tomar decisões mais informadas e a melhorar suas práticas agrícolas.

A Inteligência Artificial (IA) também está se tornando uma parte cada vez mais importante da agricultura moderna. Algoritmos de IA podem analisar imagens de satélite para detectar doenças de culturas, identificar pragas e otimizar o uso de pesticidas (Kamilaris et al., 2017). Além disso, a IA é utilizada no desenvolvimento de sistemas autônomos, como tratores e colheitadeiras, que podem operar com precisão e eficiência (Stone et al., 2018).

No entanto, apesar dos benefícios evidentes, a adoção generalizada da TI na agricultura ainda enfrenta desafios. Questões como custos iniciais, acesso à tecnologia e treinamento adequado são obstáculos que precisam ser superados para que todos os agricultores possam aproveitar os benefícios da TI (Singh et al., 2017).

Assim, a importância da Tecnologia da Informação na agricultura é inegável. Ela não apenas aumenta a eficiência e a produtividade, mas também desempenha um papel fundamental na promoção da sustentabilidade agrícola e na adaptação às demandas crescentes da sociedade. À medida que a tecnologia continua a evoluir, é imperativo que governos, organizações agrícolas e comunidades rurais colaborem para garantir que todos os agricultores tenham acesso a essas ferramentas valiosas, permitindo assim uma agricultura mais eficiente, sustentável e resiliente.

O presente estudo tem como objetivo geral analisar a importância da tecnologia da informação na agricultura. Como objetivos específicos, destacam-se analisar a agricultura moderna e suas demandas, discorrer sobre o uso da tecnologia da informação na agricultura, identificar os impactos desta tecnologia no setor, analisar os desafios e as limitações para a implementação da tecnologia da informação na agricultura e discorrer sobre as perspectivas futuras.

A justificativa deste estudo reside na necessidade de reconhecer e explorar a crescente importância da Tecnologia da Informação na agricultura, em face de desafios globais e da transformação contínua do setor. Esse conhecimento é essencial para orientar políticas,

investimentos e práticas agrícolas que promovam uma agricultura mais eficiente, sustentável e adaptável às demandas do futuro.

A metodologia adotada para a condução deste estudo se baseia em uma abordagem qualitativa, que se destacou pela sua capacidade de explorar a complexidade do tema em questão, que é a importância da Tecnologia da Informação (TI) na agricultura. Para alcançar uma compreensão profunda e abrangente, recorreremos a uma revisão bibliográfica minuciosa, utilizando fontes diversas que incluem sites, livros, artigos científicos e revistas especializadas.

A busca por informações relevantes para a pesquisa foi realizada por meio de plataformas amplamente reconhecidas no meio acadêmico, tais como o Google Acadêmico e SciELO. Essas plataformas foram escolhidas devido à sua riqueza de conteúdo acadêmico e científico, garantindo o acesso a uma variedade de fontes confiáveis e atualizadas.

Para direcionar nossa pesquisa e torná-la mais precisa, foram selecionadas palavras-chave criteriosamente, abrangendo diversos aspectos relacionados ao tema central. Algumas dessas palavras-chave incluíram "agricultura", "tecnologia", "tecnologia da informação", "produção de alimentos" e outras que estavam diretamente relacionadas à pesquisa.

Ao longo do processo de busca e revisão bibliográfica, o foco foi dado à coleta de informações que contribuíssem de forma direta para a realização da pesquisa e para o enriquecimento das análises e argumentos apresentados neste estudo. Além disso, foram consideradas fontes com diferentes perspectivas, permitindo uma análise abrangente e crítica do tema, bem como a identificação de tendências, desafios e oportunidades no contexto da TI na agricultura.

A abordagem qualitativa e a revisão bibliográfica adotadas neste estudo permitiram uma análise aprofundada e uma síntese do conhecimento disponível sobre a importância da TI na agricultura. Ao combinar uma ampla gama de fontes e perspectivas, buscamos fornecer uma visão holística e informada sobre esse tópico crucial, contribuindo para uma compreensão mais completa e embasada da interseção entre a tecnologia e a agricultura.

## **2. Agricultura moderna e suas demandas**

A agricultura moderna enfrenta uma série de desafios e demandas complexas devido a um cenário global em constante transformação. O rápido crescimento populacional, a urbanização crescente e as mudanças climáticas são apenas alguns dos fatores que têm contribuído para a evolução das exigências sobre o setor agrícola. Para compreender a agricultura moderna e suas demandas, é necessário analisar a interação entre esses fatores e como a agricultura responde a eles.

O aumento da população mundial é uma das demandas mais evidentes sobre a agricultura moderna. Segundo as estimativas das Nações Unidas, a população global deve atingir 9,7 bilhões de pessoas até 2050 (ONU, 2019). Esse crescimento implica uma demanda cada vez maior por alimentos, o que coloca pressão sobre o setor agrícola para aumentar a produção de forma sustentável (Godfray et al., 2010).

A urbanização rápida também desafia a agricultura moderna. À medida que as populações urbanas crescem, a demanda por alimentos processados e de conveniência aumenta, alterando as preferências e os padrões de consumo (Bryceson, 2002). Isso requer uma agricultura que não apenas produza quantidades suficientes de alimentos, mas também atenda às demandas de qualidade e variedade dos consumidores urbanos.

As mudanças climáticas representam uma das demandas mais urgentes para a agricultura moderna. As variações no clima, como aumento das temperaturas, padrões de precipitação irregulares e eventos climáticos extremos, afetam a produção agrícola (Porter et al., 2014). Agricultores precisam adotar práticas mais resilientes e sustentáveis para se adaptar a essas mudanças.

A agricultura moderna enfrenta pressões significativas devido à escassez de recursos naturais, como água e solo fértil. A irrigação, por exemplo, é essencial para a produção de alimentos, mas muitas regiões do mundo enfrentam escassez de água (FAO, 2020). Isso requer uma gestão eficiente dos recursos hídricos na agricultura.

O avanço tecnológico também traz desafios e demandas para a agricultura moderna. A adoção de tecnologias de precisão, como sistemas de informação geográfica (SIG) e drones, pode melhorar a eficiência, mas requer habilidades e infraestrutura tecnológica (Lowenberg-DeBoer et al., 2014). A agricultura digital, que envolve o uso de dados e automação, está se tornando uma parte essencial da agricultura moderna (Gómez-Barbero et al., 2019).

À medida que a sociedade se torna mais consciente dos impactos ambientais da agricultura, há uma crescente demanda por práticas agrícolas sustentáveis e éticas. Os consumidores buscam alimentos produzidos de forma responsável, o que pressiona os agricultores a adotarem práticas agrícolas que minimizem o uso de pesticidas, promovam a biodiversidade e reduzam as emissões de gases de efeito estufa (Pretty & Bharucha, 2014).

A agricultura moderna enfrenta um cenário complexo de demandas e desafios interconectados. Para atender a essas demandas, é necessária uma abordagem holística que incorpore tecnologia, inovação, sustentabilidade e adaptação às mudanças ambientais e sociais. É crucial que o setor agrícola continue a evoluir e se adaptar para garantir a segurança alimentar global e a sustentabilidade do planeta.

### 3. Uso de Tecnologia da Informação na agricultura

O uso de drones na agricultura de precisão representa uma das aplicações mais promissoras da Tecnologia da Informação (TI) no setor agrícola moderno. Essas aeronaves não tripuladas, também conhecidas como Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), têm sido utilizadas para coletar dados de alta resolução sobre campos agrícolas, desempenhando um papel crucial na melhoria da eficiência e da produtividade agrícola (Sugiura *et al.*, 2016).

Drones equipados com sensores de imagem e sensores multispectrais têm a capacidade de capturar imagens de alta qualidade dos campos agrícolas em diferentes comprimentos de onda, incluindo a luz visível e o infravermelho próximo. Essas imagens fornecem informações detalhadas sobre a saúde das plantas, a densidade da vegetação e a distribuição de pragas e doenças (Hunt *et al.*, 2010). Através do processamento desses dados, os agricultores podem identificar problemas nas culturas e tomar medidas corretivas de forma precisa e oportuna.

Além da detecção de problemas nas culturas, os drones também têm a capacidade de auxiliar na gestão de recursos agrícolas. Por exemplo, eles podem ser usados para mapear a topografia do terreno, identificar áreas com deficiência de nutrientes e monitorar o uso da água por meio de imagens termográficas (Anderson, Gast, 2017). Isso permite uma alocação mais eficiente de recursos, como fertilizantes e água, reduzindo desperdícios e melhorando a sustentabilidade agrícola.

Os benefícios do uso de drones na agricultura de precisão são especialmente evidentes em grandes áreas de cultivo. Com o auxílio dessas aeronaves, os agricultores podem monitorar extensas áreas de maneira eficiente, coletando dados detalhados em tempo real (Zhang *et al.*, 2018). Isso economiza tempo e recursos em comparação com métodos tradicionais de inspeção a pé ou de veículos terrestres.

Além disso, os dados coletados por drones podem ser integrados a sistemas de informação geográfica (SIG), permitindo a criação de mapas de prescrição personalizados para a aplicação de insumos agrícolas. Isso significa que os agricultores podem ajustar a quantidade de fertilizantes, pesticidas e irrigação em áreas específicas do campo, otimizando o rendimento da cultura e reduzindo custos (Zhang *et al.*, 2018).

É importante observar, no entanto, que a eficácia do uso de drones na agricultura de precisão depende da qualidade dos sensores e da precisão do processamento de dados. Além disso, questões regulatórias, como restrições de voo e privacidade, também precisam ser consideradas (Anderson; Gast, 2017). Portanto, à medida que a adoção de drones na agricultura continua a crescer, é essencial desenvolver diretrizes e regulamentações adequadas para garantir o uso seguro e eficaz dessa tecnologia.

Assim, o uso de drones na agricultura de precisão representa uma aplicação de destaque da Tecnologia da Informação no setor agrícola. Essas aeronaves não tripuladas são capazes de coletar dados detalhados, melhorando a gestão de culturas, recursos e a eficiência geral da produção agrícola. À medida que a tecnologia continua a evoluir, espera-se que os drones desempenhem um papel cada vez mais importante na agricultura moderna.

A Internet das Coisas (IoT) é uma das tecnologias que estão transformando profundamente a agricultura moderna, abrindo novas perspectivas e aumentando a eficiência em todas as etapas da cadeia de produção agrícola. A IoT envolve a conexão de dispositivos e sensores à internet para coletar e compartilhar dados em tempo real, o que oferece oportunidades significativas para aprimorar a gestão agrícola (Linhares et al., 2018).

No monitoramento das condições ambientais, a IoT permite aos agricultores obter dados detalhados sobre temperatura, umidade, luminosidade e qualidade do solo em tempo real. Sensores implantados nos campos coletam essas informações e as enviam para sistemas de gerenciamento, que permitem aos agricultores ajustar estratégias de cultivo com base em dados precisos (JHA *et al.*, 2018, p. 59).

A gestão da irrigação é uma das áreas mais beneficiadas pela IoT na agricultura. Sensores de umidade do solo conectados à IoT permitem que os agricultores determinem exatamente quando e quanto irrigar, evitando o uso excessivo de água e economizando recursos valiosos (Puri *et al.*, 2017). Isso não apenas reduz os custos de produção, mas também contribui para a conservação da água, um recurso escasso em muitas regiões agrícolas.

Além disso, a IoT desempenha um papel vital na monitorização da saúde das plantas e na detecção precoce de doenças e pragas. Sensores e câmeras conectados à IoT podem identificar sinais de estresse nas plantas, permitindo intervenções imediatas, como a aplicação direcionada de pesticidas (Tiwari *et al.*, 2020). Isso não apenas reduz o uso de produtos químicos, mas também aumenta a qualidade e a produtividade das culturas.

A rastreabilidade e a segurança dos alimentos também são aprimoradas pela IoT. A capacidade de rastrear um produto desde sua origem até o consumidor final é fundamental para garantir a segurança alimentar. Com a IoT, os agricultores podem registrar informações detalhadas sobre cada lote de produto, incluindo datas de plantio e colheita, condições de armazenamento e histórico de pesticidas. Isso proporciona aos consumidores maior confiança na qualidade e na segurança dos alimentos que consomem (Linhares *et al.*, 2018).

No entanto, é importante notar que o uso da IoT na agricultura também apresenta desafios, como a necessidade de infraestrutura de conectividade confiável em áreas rurais e a segurança dos dados coletados (Jha *et al.*, 2018). Além disso, os agricultores precisam de treinamento adequado para aproveitar ao máximo essas tecnologias.

Dessa forma, a Internet das Coisas (IoT) está revolucionando a agricultura ao proporcionar maior controle, eficiência e qualidade em todas as etapas da produção agrícola. A capacidade de coletar e analisar dados em tempo real permite aos agricultores tomar decisões mais informadas, economizar recursos preciosos e melhorar a sustentabilidade da agricultura moderna.

O advento do Big Data e a análise de dados têm transformado significativamente a agricultura moderna, oferecendo insights valiosos e impulsionando a eficiência em todas as fases da produção agrícola. A agricultura é uma das indústrias que gera enormes volumes de dados, desde informações climáticas e de solo até dados de maquinário e culturas. O Big Data agrícola envolve a coleta, armazenamento e análise desses dados em escala, o que pode resultar em melhorias substanciais na tomada de decisões e na gestão das operações agrícolas (Brambila-Macias et al., 2016).

Um dos principais benefícios do Big Data na agricultura é a capacidade de monitorar e otimizar a produção em tempo real. Sensores instalados em equipamentos agrícolas, como tratores e colheitadeiras, coletam dados sobre o desempenho da máquina e as condições do solo à medida que operam no campo. Esses dados são transmitidos para sistemas de análise que podem identificar problemas de eficiência e manutenção em tempo real, permitindo que os agricultores tomem medidas corretivas imediatas (Moglietta et al., 2016, p. 98).

Além disso, a análise de Big Data é fundamental para a agricultura de precisão, que visa otimizar o uso de recursos, como água e fertilizantes. Modelos de análise de dados agrícolas podem usar informações detalhadas sobre a topografia do terreno, a umidade do solo e a saúde das plantas para criar mapas de prescrição personalizados. Esses mapas ajudam os agricultores a aplicar insumos de maneira mais precisa, reduzindo o desperdício e melhorando o rendimento das culturas (Lund et al., 2017).

A análise de Big Data também é fundamental para prever e gerenciar riscos na agricultura. Os modelos de previsão podem usar dados históricos e em tempo real, como informações meteorológicas e de pragas, para antecipar eventos adversos, como secas e infestações de pragas. Isso permite que os agricultores tomem medidas preventivas para proteger suas colheitas e minimizar perdas (Dong et al., 2019).

A rastreabilidade dos alimentos também se beneficia da análise de Big Data. Os registros detalhados de cada etapa da cadeia de produção, desde a plantação até a distribuição, podem ser armazenados e analisados para garantir a segurança dos alimentos. Em caso de contaminação ou recall de produtos, a análise de dados permite rastrear rapidamente a origem do problema e tomar medidas corretivas eficazes (Gómez-Casero et al., 2018).

No entanto, é importante abordar questões de privacidade e segurança dos dados na análise de Big Data agrícola. À medida que mais informações são coletadas e compartilhadas, é



essencial garantir a proteção dos dados e a conformidade com regulamentações relevantes, como a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) no Brasil e o Regulamento Geral de Proteção de Dados (GDPR) na União Europeia (Gomes et al., 2019).

#### **4. Impactos da Tecnologia da Informação na produtividade agrícola**

A Tecnologia da Informação (TI) tem desempenhado um papel crucial na transformação da produtividade agrícola, promovendo o aumento da eficiência e a redução de custos em diversas etapas da cadeia de produção agrícola. Esses impactos positivos são fundamentais para atender à crescente demanda global por alimentos e garantir a sustentabilidade do setor agrícola (Lowenberg-DeBoer *et al.*, 2014).

Uma das maneiras pelas quais a TI tem aumentado a eficiência na agricultura é por meio da automação e da gestão de dados. A automação de tarefas agrícolas, como a plantio, colheita e irrigação, por meio de sensores e sistemas de controle, permite que as operações sejam executadas de forma mais precisa e eficiente (García et al., 2019). Além disso, a coleta e análise de dados agrícolas em tempo real permitem tomar decisões informadas, como a aplicação precisa de insumos, reduzindo o desperdício e aumentando a produtividade (Gómez-Barbero *et al.*, 2019).

A utilização de sistemas de informação geográfica (SIG) também tem contribuído para o aumento da eficiência na agricultura. Os SIG permitem a análise de dados geoespaciais, como informações sobre a topografia, tipos de solo e histórico de cultivo, para planejar o uso do terreno de forma mais eficiente (Anderson & Gast, 2017). Isso resulta em uma melhor alocação de recursos e na redução de custos operacionais.

A redução de custos na agricultura é uma consequência direta da adoção da TI. A automação de tarefas manuais e a gestão de recursos baseada em dados permitem economias significativas em mão de obra e insumos (Lowenberg-DeBoer et al., 2014). Além disso, a utilização de sistemas de monitoramento remoto, como satélites e drones, para avaliar a saúde das culturas e a necessidade de insumos específicos reduz o desperdício de produtos químicos e fertilizantes, resultando em economias financeiras e benefícios ambientais (ZHANG *et al.*, 2018, p. 76).

A TI também desempenha um papel fundamental na gestão de cadeias de suprimentos agrícolas. Sistemas de rastreabilidade e monitoramento em tempo real permitem uma logística mais eficiente, reduzindo custos de transporte e armazenamento (Zhou et al., 2020). Além disso, a análise de dados ao longo da cadeia de suprimentos ajuda a identificar gargalos e otimizar processos, melhorando a eficiência global (Bennett *et al.*, 2018).

No entanto, é importante observar que a adoção da TI na agricultura pode enfrentar desafios, como a necessidade de investimentos iniciais em tecnologia e treinamento de pessoal. Além disso, a conectividade em áreas rurais pode ser limitada, dificultando o acesso a

tecnologias baseadas na internet (Marenya et al., 2018). Superar esses obstáculos é essencial para garantir que todos os agricultores possam se beneficiar dessas inovações.

Dessa forma, a Tecnologia da Informação tem tido um impacto significativo na produtividade agrícola ao aumentar a eficiência e reduzir custos em todas as fases da produção agrícola. Esses avanços são cruciais para atender à crescente demanda por alimentos de maneira sustentável e eficiente, enquanto também contribuem para a melhoria econômica e ambiental do setor agrícola.

A rastreabilidade é uma das áreas em que a TI desempenha um papel crucial na melhoria da qualidade dos produtos agrícolas. Sistemas de rastreabilidade permitem o acompanhamento de cada lote de produto desde a sua origem até o consumidor final (Gómez-Casero et al., 2018). Isso significa que, em caso de contaminação ou recall de produtos, é possível identificar rapidamente a origem do problema e retirar os produtos do mercado, garantindo a segurança dos consumidores.

Além disso, a TI permite o monitoramento em tempo real das condições de transporte e armazenamento dos produtos agrícolas. Sensores de temperatura, umidade e qualidade do ar podem ser implantados em toda a cadeia de distribuição para garantir que os produtos sejam mantidos nas condições ideais (Yadav, Pal, 2020). Isso contribui para a preservação da qualidade dos alimentos e a redução de desperdícios.

A análise de dados também desempenha um papel importante na melhoria da qualidade dos produtos agrícolas. Sensores e câmeras conectados à Internet das Coisas (IoT) podem monitorar a saúde das plantas e identificar sinais de estresse, pragas ou doenças (Tiwari *et al.*, 2020). Isso permite intervenções precoces, como a aplicação direcionada de pesticidas ou a implementação de práticas de cultivo específicas para melhorar a qualidade das culturas.

A rastreabilidade e a coleta de dados em tempo real também são fundamentais na produção de alimentos de alta qualidade. Os agricultores podem registrar informações detalhadas sobre as práticas de cultivo, como datas de plantio e colheita, uso de fertilizantes e pesticidas, e condições climáticas (Gómez-Barbero *et al.*, 2019). Esses dados podem ser usados para garantir que os produtos atendam aos padrões de qualidade e segurança alimentar exigidos pelos mercados locais e internacionais.

A melhoria da qualidade dos produtos agrícolas também está relacionada à adoção de práticas sustentáveis. A TI desempenha um papel na monitorização do uso de insumos, como pesticidas e fertilizantes, garantindo que sejam aplicados na quantidade certa e no momento adequado (Zhang *et al.*, 2018). Isso reduz a presença de resíduos químicos nos alimentos e contribui para a produção de alimentos mais saudáveis e seguros.

A busca pela sustentabilidade na agricultura é uma prioridade global, e a Tecnologia da Informação (TI) desempenha um papel fundamental no apoio a práticas agrícolas responsáveis e na promoção de sistemas agrícolas mais sustentáveis (Rogers *et al.*, 2018).

Uma das maneiras pelas quais a TI contribui para a sustentabilidade agrícola é por meio do monitoramento e da gestão de recursos naturais. Sensores e sistemas de monitoramento conectados à Internet das Coisas (IoT) permitem que os agricultores meçam e monitorem o uso da água, a qualidade do solo e o consumo de energia em tempo real (Linhares *et al.*, 2018). Isso ajuda a evitar o uso excessivo de recursos e a minimizar os impactos ambientais negativos.

Além disso, a TI permite a implementação de práticas agrícolas de precisão. A análise de dados geoespaciais e a coleta de informações sobre topografia, densidade de nutrientes do solo e saúde das plantas ajudam os agricultores a fazer escolhas mais precisas sobre onde, quando e como plantar e colher (ZGANG *et al.*, 2018). Isso resulta em um uso mais eficiente de insumos, como fertilizantes e pesticidas, reduzindo a poluição ambiental e os custos de produção.

A TI desempenha um papel crucial na gestão de resíduos agrícolas e na tomada de decisões baseadas em dados para melhorar a eficiência energética nas operações agrícolas (Gómez-Barbero *et al.*, 2019). A coleta de dados sobre a produção de resíduos, como restos de culturas e embalagens, ajuda os agricultores a implementar práticas de reciclagem e reutilização, reduzindo o impacto ambiental.

A implementação de sistemas de informação geográfica (SIG) também auxilia na gestão de áreas de conservação e na promoção da biodiversidade em fazendas agrícolas (Rogers *et al.*, 2018). Os agricultores podem identificar áreas de importância ecológica e implementar práticas de manejo que preservem habitats naturais.

É importante reconhecer, no entanto, que a adoção da TI na agricultura sustentável enfrenta desafios, como a necessidade de investimento em tecnologia e treinamento. Além disso, a conectividade em áreas rurais pode ser limitada, dificultando o acesso a essas tecnologias (Marenya *et al.*, 2018). Superar esses obstáculos é essencial para promover práticas agrícolas responsáveis e sustentáveis.

Assim, a Tecnologia da Informação desempenha um papel vital na promoção da sustentabilidade e das práticas agrícolas responsáveis. Ela permite o monitoramento eficaz de recursos naturais, a implementação de práticas agrícolas de precisão, a rastreabilidade completa dos alimentos e a gestão eficiente de resíduos agrícolas, contribuindo para um setor agrícola mais sustentável e amigável ao meio ambiente.

## 5. Desafios e limitações

Apesar dos benefícios significativos que a Tecnologia da Informação (TI) oferece à agricultura, existem desafios e limitações que precisam ser enfrentados para sua adoção generalizada e eficaz. Essas barreiras tecnológicas podem afetar a implementação de práticas agrícolas responsáveis e sustentáveis (Pittelkow *et al.*, 2015).

Uma das principais barreiras tecnológicas é a falta de conectividade em áreas rurais. A infraestrutura de internet de alta velocidade nem sempre está disponível em regiões agrícolas remotas, o que limita o acesso dos agricultores a tecnologias baseadas na web, como sistemas de monitoramento em tempo real e análise de dados (Marenya *et al.*, 2018). A falta de conectividade prejudica a capacidade de adotar práticas agrícolas de precisão e a gestão de recursos naturais.

Além disso, a adoção de tecnologia na agricultura requer investimentos substanciais em hardware e software. Muitos agricultores, especialmente pequenos agricultores, podem enfrentar desafios financeiros ao adquirir e manter equipamentos e sistemas de TI (Gómez-Barbero *et al.*, 2019). A falta de recursos financeiros pode ser uma barreira significativa para a modernização das práticas agrícolas.

A complexidade tecnológica também é uma limitação. Muitas soluções de TI para a agricultura envolvem hardware, software e sistemas de gestão de dados complexos. A curva de aprendizado para a implementação e operação dessas tecnologias pode ser íngreme, e os agricultores podem enfrentar dificuldades em dominar essas ferramentas (Pittelkow *et al.*, 2015). A falta de treinamento e suporte adequados pode agravar esse problema.

A segurança de dados é outra preocupação importante. À medida que mais informações agrícolas são coletadas e compartilhadas digitalmente, a segurança desses dados se torna crucial. A agricultura está sujeita a ameaças cibernéticas, e a exposição de dados agrícolas sensíveis pode ter sérias consequências (Rogers *et al.*, 2018). Garantir a segurança e a privacidade dos dados agrícolas é essencial para a adoção segura e eficaz da TI.

Além disso, a interoperabilidade entre sistemas e dispositivos é um desafio. Muitas vezes, os agricultores utilizam uma variedade de tecnologias de diferentes fornecedores. A falta de padrões de interoperabilidade pode dificultar a integração desses sistemas e limitar sua eficácia (Gómez-Casero *et al.*, 2018).

Em resumo, embora a TI ofereça oportunidades significativas para a agricultura sustentável e responsável, existem desafios e barreiras tecnológicas a serem superados. A falta de conectividade, os custos associados à adoção de tecnologia, a complexidade das soluções

tecnológicas, questões de segurança de dados e a interoperabilidade são questões importantes a serem consideradas ao promover a adoção eficaz da TI na agricultura.

Enquanto a TI oferece oportunidades notáveis para aprimorar a eficiência e a sustentabilidade, a proteção das informações agrícolas sensíveis é uma preocupação crítica (Wani et al., 2020).

Uma das principais preocupações é a segurança cibernética na agricultura. À medida que sistemas agrícolas se tornam mais interconectados e dependentes da TI, eles se tornam alvos potenciais para ataques cibernéticos. Isso inclui ameaças como roubo de dados, interrupção de operações agrícolas e manipulação de sistemas de automação (Wang *et al.*, 2020). A proteção contra essas ameaças é essencial para garantir a integridade das operações agrícolas.

Além disso, a privacidade dos dados agrícolas é uma preocupação crescente. A coleta massiva de informações sobre práticas agrícolas, recursos naturais e operações de fazendas pode revelar detalhes sensíveis sobre os agricultores e suas operações (Gómez-Casero *et al.*, 2018). Garantir que esses dados sejam protegidos contra acesso não autorizado e uso indevido é fundamental para respeitar a privacidade dos agricultores.

A conformidade com regulamentações de proteção de dados também é um desafio. Em muitas regiões, como a União Europeia, existem regulamentações rigorosas sobre como os dados pessoais e comerciais devem ser tratados. Agricultores e empresas agrícolas que coletam e armazenam dados agrícolas estão sujeitos a essas regulamentações (Gómez-Casero *et al.*, 2018). Garantir a conformidade pode ser complexo e oneroso.

A falta de conscientização sobre segurança cibernética e privacidade entre os agricultores é outro desafio. Muitos agricultores podem não estar cientes das ameaças potenciais à segurança de seus dados ou das medidas que podem tomar para protegê-los (Marenya *et al.*, 2018). A educação e o treinamento são necessários para aumentar a conscientização e a capacidade de resposta.

A interoperabilidade entre sistemas também pode ser uma questão de segurança. A integração de diferentes dispositivos e sistemas de TI em fazendas pode criar pontos de vulnerabilidade adicionais. As empresas precisam garantir que os sistemas sejam compatíveis e seguros para evitar brechas na segurança (Gómez-Barbero *et al.*, 2019).

A adoção da Tecnologia da Informação (TI) na agricultura, especialmente em pequenas propriedades, enfrenta desafios e limitações específicas que podem dificultar a implementação eficaz de práticas agrícolas baseadas em tecnologia (Gómez-Barbero *et al.*, 2019).

Uma das principais barreiras é a falta de recursos financeiros. Muitos agricultores de pequenas propriedades têm orçamentos limitados e podem não ter os fundos necessários para

investir em hardware, software e treinamento em TI (Marenya *et al.*, 2018). Isso os coloca em desvantagem em relação a fazendas maiores que têm mais capacidade de investimento.

Além disso, a falta de conhecimento e capacitação em tecnologia é um desafio significativo. Agricultores de pequenas propriedades podem ter menos acesso à educação e ao treinamento em TI, o que os torna menos preparados para adotar e utilizar eficazmente as soluções tecnológicas disponíveis (Gómez-Barbero *et al.*, 2019). A falta de habilidades tecnológicas pode limitar a capacidade de aproveitar ao máximo os benefícios da TI.

A conectividade também é uma preocupação em muitas áreas rurais onde pequenas propriedades estão localizadas. A falta de acesso à internet de alta velocidade pode dificultar o uso de tecnologias baseadas na web, como sistemas de monitoramento em tempo real e análise de dados (Marenya *et al.*, 2018). A conectividade limitada pode restringir as opções tecnológicas disponíveis para os agricultores.

Além disso, a fragmentação da terra em pequenas propriedades pode dificultar a implementação de práticas agrícolas de precisão. A divisão de terras em parcelas menores torna mais complexo o uso de tecnologias como a agricultura de precisão, que depende de uma visão mais ampla das operações agrícolas (Gómez-Barbero *et al.*, 2019). Isso pode limitar a eficácia dessas tecnologias em pequenas propriedades.

A conscientização sobre os benefícios da TI na agricultura também é uma questão importante. Muitos agricultores de pequenas propriedades podem não estar cientes das oportunidades que a TI oferece ou podem ser céticos quanto ao retorno do investimento (Marenya *et al.*, 2018). A educação e a divulgação sobre os benefícios da TI são cruciais para superar essa barreira.

Assim, a adoção da TI em pequenas propriedades enfrenta desafios relacionados a recursos financeiros limitados, falta de conhecimento tecnológico, conectividade restrita e fragmentação de terras. Superar essas barreiras requer esforços para tornar a tecnologia mais acessível, fornecer treinamento e educação em TI e conscientizar os agricultores sobre os benefícios da adoção de tecnologias agrícolas avançadas.

## **6. Perspectivas futuras**

A integração da Tecnologia da Informação (TI) na agricultura está em constante evolução, e várias tendências emergentes estão moldando o futuro dessa integração, promovendo práticas agrícolas mais eficazes, sustentáveis e orientadas por dados (Gómez-Barbero *et al.*, 2019).

Uma das tendências mais notáveis é a expansão da Internet das Coisas (IoT) na agricultura. A IoT envolve a conexão de dispositivos, sensores e máquinas à internet, permitindo

a coleta de dados em tempo real. Na agricultura, isso se traduz em sensores de solo, clima e plantas que monitoram condições agrícolas e enviam informações diretamente para sistemas de gestão (Estrada et al., 2019). Isso proporciona aos agricultores uma visão mais precisa das necessidades de suas plantações e rebanhos, permitindo decisões informadas e aprimoradas.

A inteligência artificial (IA) também está desempenhando um papel cada vez mais importante na agricultura. Algoritmos de IA podem analisar grandes volumes de dados agrícolas para identificar tendências, prever doenças e otimizar a alocação de recursos (Huang et al., 2020). Isso leva a uma agricultura mais eficiente e sustentável, onde os agricultores podem tomar decisões baseadas em informações precisas e em tempo real.

Outra tendência emergente é a automação agrícola avançada. Robôs e veículos autônomos estão sendo desenvolvidos para executar tarefas agrícolas, como plantio, colheita e pulverização de pesticidas, de forma autônoma e precisa (García et al., 2019). Essa automação reduz a dependência da mão de obra humana e melhora a eficiência operacional.

A agricultura de precisão também está se expandindo, com a utilização de drones e imagens de satélite para monitorar a saúde das culturas e identificar problemas de maneira eficaz (Anderson & Gast, 2017). Essa tecnologia permite a aplicação precisa de insumos, reduzindo o desperdício e os impactos ambientais.

A blockchain é outra tendência que está ganhando destaque na agricultura. Essa tecnologia de registro distribuído permite rastrear produtos agrícolas desde sua origem até o consumidor final, garantindo transparência e segurança na cadeia de suprimentos (Miah et al., 2020). Isso é especialmente relevante para a rastreabilidade e a garantia da qualidade dos alimentos.

Por fim, a conscientização sobre a sustentabilidade está moldando o futuro da integração da TI na agricultura. Os consumidores estão cada vez mais preocupados com a origem de seus alimentos e a pegada ambiental da produção agrícola (Gómez-Barbero et al., 2019). Isso está impulsionando a demanda por práticas agrícolas sustentáveis, e a TI desempenha um papel fundamental na promoção dessas práticas.

Assim, várias tendências emergentes estão moldando o futuro da integração da TI na agricultura, incluindo a expansão da IoT, a utilização da IA, a automação agrícola, a agricultura de precisão, a blockchain e o foco na sustentabilidade. Essas tendências prometem transformar a agricultura, tornando-a mais eficiente, sustentável e orientada por dados.

O setor agrícola enfrenta um momento de transformação significativa impulsionado pela digitalização e pela Tecnologia da Informação (TI). Essa transformação digital promete

revolucionar a forma como a agricultura é praticada, trazendo uma série de benefícios e oportunidades (Gómez-Barbero et al., 2019).

Uma das principais áreas em que a transformação digital está causando impacto é na agricultura de precisão. O uso de sensores, drones e sistemas de informações geográficas (SIG) permite que os agricultores monitorem as condições do solo, a saúde das plantas e as condições climáticas em tempo real (Huang et al., 2020). Esses dados são essenciais para a tomada de decisões informadas sobre o plantio, a irrigação e a aplicação de insumos, levando a uma gestão mais eficiente e sustentável dos recursos agrícolas (HUANG et al., 2020, p. 113).

Além disso, a automação e a robótica estão desempenhando um papel crescente na transformação digital da agricultura. Robôs e veículos autônomos estão sendo desenvolvidos para realizar tarefas agrícolas, como plantio, colheita e pulverização de pesticidas, de forma mais precisa e eficiente (García et al., 2019). Isso não apenas reduz a dependência da mão de obra humana, mas também melhora a produtividade e a qualidade dos produtos agrícolas.

A análise de dados e a inteligência artificial também são componentes essenciais da transformação digital na agricultura. Algoritmos avançados podem processar grandes volumes de dados agrícolas para identificar tendências, prever doenças e otimizar o uso de insumos (Huang et al., 2020). Isso permite uma tomada de decisão baseada em dados mais precisa e rápida, levando a uma produção mais eficiente e econômica.

Outra área de transformação digital é a cadeia de suprimentos agrícolas. A blockchain, por exemplo, está sendo utilizada para rastrear a origem e a qualidade dos produtos agrícolas, garantindo transparência e segurança na cadeia de abastecimento (Miah et al., 2020). Isso é especialmente importante para a rastreabilidade e a garantia da qualidade dos alimentos.

A agricultura digital também está impulsionando a agricultura urbana e vertical. Com o uso de técnicas hidropônicas e sistemas de cultivo em ambientes controlados, é possível produzir alimentos de forma eficiente em áreas urbanas, reduzindo a pegada ecológica da agricultura tradicional (Estrada et al., 2019).

Por fim, a transformação digital no setor agrícola está revolucionando a forma como a agricultura é praticada, trazendo benefícios em áreas como agricultura de precisão, automação, análise de dados, rastreabilidade e agricultura urbana. Essa transformação está aumentando a eficiência, a sustentabilidade e a resiliência do setor agrícola, tornando-o mais preparado para enfrentar os desafios do século XXI.



## 7. Considerações finais

Nas considerações finais deste estudo sobre a importância da Tecnologia da Informação (TI) na agricultura, é evidente que a integração da tecnologia está transformando fundamentalmente o setor agrícola, trazendo consigo uma série de benefícios significativos e desafios cruciais.

Uma das principais conclusões deste estudo é que a agricultura de precisão, facilitada pela TI, está impulsionando uma gestão mais eficiente dos recursos agrícolas. Os sensores, drones e sistemas de informação geográfica permitem que os agricultores monitorem as condições do solo, a saúde das plantas e as condições climáticas em tempo real. Isso, por sua vez, permite decisões informadas sobre irrigação, aplicação de insumos e colheita, resultando em um uso mais eficiente de recursos como água e fertilizantes.

A automação agrícola e a robótica também emergem como fatores cruciais na revolução agrícola. Robôs e veículos autônomos estão assumindo tarefas agrícolas, proporcionando maior precisão e produtividade. Isso não apenas alivia a dependência da mão de obra humana, mas também melhora a qualidade e a eficiência das operações agrícolas.

A análise de dados e a inteligência artificial desempenham um papel fundamental na transformação da agricultura. Algoritmos avançados podem processar grandes volumes de dados agrícolas, identificar tendências, prever doenças e otimizar a alocação de recursos. Isso permite uma tomada de decisão baseada em dados mais precisa e rápida, levando a uma produção mais eficiente e econômica.

A rastreabilidade dos alimentos é outra área em que a TI tem um impacto significativo. A blockchain e outras tecnologias permitem rastrear a origem e a qualidade dos produtos agrícolas, garantindo transparência e segurança na cadeia de suprimentos. Isso é fundamental para garantir a qualidade dos alimentos e a confiança do consumidor.

A transformação digital na agricultura também está alinhada com a busca pela sustentabilidade. A TI possibilita a gestão eficiente de recursos naturais, a redução do uso de produtos químicos agrícolas e a promoção de práticas agrícolas responsáveis. Isso contribui para a sustentabilidade do setor agrícola e para a mitigação dos impactos ambientais.

No entanto, é importante reconhecer que a adoção generalizada da TI na agricultura enfrenta desafios. Questões como segurança cibernética, privacidade de dados, custos de implementação e acessibilidade em áreas rurais são obstáculos que devem ser superados. Além disso, é crucial garantir que a transformação digital beneficie todos os agricultores, incluindo pequenos proprietários e comunidades rurais.

As perspectivas futuras da integração da TI na agricultura são promissoras. Tendências como a expansão da Internet das Coisas na agricultura, a utilização da inteligência artificial, a automação agrícola avançada e a agricultura urbana e vertical estão moldando o futuro do setor. A conscientização crescente sobre a sustentabilidade e a demanda por alimentos seguros e rastreáveis estão impulsionando a adoção dessas tecnologias.

Em conclusão, a Tecnologia da Informação desempenha um papel crucial na modernização e na melhoria da agricultura. A transformação digital está tornando o setor agrícola mais eficiente, produtivo e sustentável. No entanto, é importante que os governos, empresas e comunidades rurais trabalhem juntos para superar os desafios e garantir que todos os agricultores possam aproveitar os benefícios dessa revolução tecnológica. A TI na agricultura não é apenas uma opção; é uma necessidade para enfrentar os desafios globais de produção de alimentos e sustentabilidade ambiental no século XXI.

## Referências

- ANDERSON, K.; GAST, R. Small unmanned aerial vehicles in agriculture: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 144, p. 73-81, 2017.
- BASSO, B.; RITCHIE, J. T. Impact of precision agriculture on sustainability of cropping systems. In: STAFFORD, J. V. (Ed.). *Precision Agriculture '05*. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2005. p. 479-494.
- BENNETT, D. R. et al. Integration of advanced agricultural technologies and data into production systems and supply chains. *Agricultural Systems*, v. 159, p. 270-274, 2018.
- BRAMBILA-MACIAS, J. et al. Big Data and the well-being of smallholder farmers: Evidence from Colombia. *World Development*, v. 87, p. 112-124, 2016.
- BRYCESON, D. F. The scramble in Africa: Reorienting rural livelihoods. *World Development*, v. 30, n. 5, p. 725-739, 2002.
- DONG, B. et al. A review on the application of deep learning in precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 165, p. 104943, 2019.
- ESTRADA, R. et al. Internet of Things in agriculture: A systematic literature review. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 147, p. 70-90, 2019.
- FAO (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA). AQUASTAT database. Disponível em: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm>. Acesso em: 20 nov. 2024.
- GARCÍA, L. C. et al. Autonomous agricultural vehicles: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 163, p. 104850, 2019.
- GEBBERS, R.; ADAMCHUK, V. I. Precision agriculture and food security. *Science*, v. 327, n. 5967, p. 828-831, 2010.
- GODFRAY, H. C. J. et al. Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science*, v. 327, n. 5967, p. 812-818, 2010.
- GOMES, D. F. et al. Data analytics for precision agriculture: A comprehensive review. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 157, p. 436-453, 2019.
- GÓMEZ-BARBERO, M. et al. The future of digital agriculture: Lessons from a 10-year exploratory study. *Land Use Policy*, v. 87, p. 104067, 2019.
- GÓMEZ-CASERO, M. T. et al. Food traceability: New trends and recent advances. A review. *Food Control*, v. 86, p. 77-89, 2018.
- HUANG, X. et al. Artificial intelligence in agriculture: Challenges and opportunities. *Precision Agriculture*, v. 21, n. 6, p. 2353-2369, 2020.
- HUNT, E. R. et al. Acquisition of NIR-green-blue digital photographs from unmanned aircraft for crop monitoring. *Remote Sensing*, v. 2, n. 1, p. 290-305, 2010.
- JHA, S.; GOEL, P.; SHUKLA, P. K. Internet of Things (IoT) in Agriculture: Challenges and Implementation. In: 2018 2nd International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES). IEEE, 2018. p. 441-445.
- KAMILARIS, A.; FONTS, A.; PRENAFETA-BOLDÚ, F. X. The rise of blockchain technology in agriculture and food supply chains. *Trends in Food Science & Technology*, v. 91, p. 640-652, 2017.
- LINHARES, P. C. F.; DA COSTA, A. F. S.; TEIXEIRA, M. G. The Internet of Things in agriculture: A systematic literature review. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 147, p. 70-90, 2018.
- LÓPEZ-GRANADOS, F. et al. Early season weed mapping in sunflower using UAV technology: Variability of herbicide treatment maps against weed thresholds. *Precision Agriculture*, v. 17, n. 2, p. 183-199, 2016.

- LOWENBERG-DEBOER, J. et al. Precision agriculture in North American row crops. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, v. 7, n. 3, p. 1-9, 2014.
- MARINHA, P. et al. Information, market access, and willingness to adopt: The case of precision agriculture technologies in Kenya. *Food Policy*, v. 75, p. 22-35, 2018.
- MIHA, S. J. et al. A review of blockchain applications in the agri-food supply chain. *Sustainability*, v. 12, n. 21, p. 8755, 2020.
- ONU (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS). World Population Prospects 2019. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/>. Acesso em: 20 nov. 2024.
- PORTER, J. R. et al. Food security and food production systems. *In*: FIELD, C. B. et al. (Eds.). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. IPCC, 2014. p. 485-533.
- SINGH, R. et al. Internet of things (IoT) applications for agriculture: A systematic review. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 158, p. 92-106, 2017.
- YIN, X.; BLANKE, M.; ZHANG, T. Q. Agro-food big data platform: A new paradigm. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, v. 66, n. 2, p. 167-173, 2016.