



PBPC
ISSN 2674-9432



Qualis A3
CAPES 2021-2024



DOI - Crossref

Latindex

Indexado no
Google Acadêmico

TECNOLOGIAS DIGITAIS NO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO

Isabel Cristina de Souza Bertoldo¹, José Carlos Cardoso de Oliveira Júnior², Miriam Pinheiro Bueno³



<https://doi.org/10.36557/2674-9432.2026v5n2p454-469>

Artigo recebido em 7 de Fevereiro e publicado em 7 de Abril de 2026

Revisão de Literatura

RESUMO

O agronegócio brasileiro, pilar da economia nacional, vivencia uma profunda transformação impulsionada pela adoção de tecnologias digitais, configurando a chamada Agricultura 4.0 e sinalizando a transição para a Agricultura 5.0. Esta revolução tecnológica não apenas otimiza processos e aumenta a produtividade, mas também redefine a sustentabilidade e a eficiência em toda a cadeia produtiva. O trabalho objetivou analisar as tecnologias digitais na pujança do agronegócio nacional, aplicando os procedimentos metodológicos de abordagem qualitativa, exploratória, descritiva e revisão bibliográfica. Os resultados apontam para um avanço significativo na conectividade rural e na adoção de ferramentas como Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA) e *Blockchain*, que promovem uma gestão mais precisa e baseada em dados. O trabalho considerou, contudo, que apesar dos progressos, persistem desafios relacionados à universalização do acesso à internet e à capacitação de todos os portes de produtores para a plena apropriação dessas inovações, sendo estes os próximos passos cruciais para a consolidação do Brasil como líder global em um agronegócio digital e sustentável.

Palavras-chave: Agricultura 4.0; Inovação no Campo; Conectividade Rural; Agronegócio Brasileiro; Transformação Digital.

¹ Mestranda no Curso de Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia na Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG, CPF: 061.397.416-61, E-mail: orientadora.isabelead@gmail.com

² Mestrando no Curso de Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia na Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG, CPF: 295.777.258-21, E-mail: jcoliveiraj@hotmail.com

³ Professora Doutora do Curso Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia na Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, E-mail: miriam.bueno@uemg.br

ABSTRACT

Brazilian agribusiness, a pillar of the national economy, is undergoing a profound transformation driven by the adoption of digital technologies, shaping what is known as Agriculture 4.0 and signaling the transition toward Agriculture 5.0. This technological revolution not only optimizes processes and increases productivity, but also redefines sustainability and efficiency throughout the entire production chain. This study aimed to analyze the role of digital technologies in strengthening Brazilian agribusiness, using qualitative, exploratory, and descriptive methodological procedures, supported by a bibliographic review. The results indicate significant progress in rural connectivity and in the adoption of tools such as the Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI), and blockchain, which promote more precise and data-driven management. However, despite these advances, challenges remain regarding the universalization of internet access and the training of producers of all sizes to fully appropriate these innovations. Addressing these issues represents a crucial next step toward consolidating Brazil as a global leader in digital and sustainable agribusiness.

Keywords: Agriculture 4.0; Innovation in Agriculture; Rural Connectivity; Brazilian Agribusiness; Digital Transformation.

Instituição afiliada – Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG.

Autor correspondente: *Isabel Cristina de Souza Bertoldo*

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



1 INTRODUÇÃO

As tecnologias digitais têm desempenhado um papel central nos processos de transformação econômica e social contemporâneos, promovendo mudanças significativas na forma como organizações e setores produtivos planejam, executam e avaliam suas atividades. Conceitos como digitalização, automação e análise de dados em larga escala estão associados ao uso de ferramentas como Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA), *Big Data* e sistemas ciberfísicos, que possibilitam maior integração entre o mundo físico e o digital. Essas tecnologias favorecem ganhos de eficiência, redução de custos e apoio à tomada de decisão baseada em dados, configurando um novo paradigma produtivo conhecido como Indústria 4.0, cujos princípios têm sido progressivamente incorporados a diferentes setores da economia (KAGERMANN, 2022).

O agronegócio brasileiro, por sua vez, configura-se como um dos pilares fundamentais da economia nacional, apresentando elevada relevância na geração de empregos, no abastecimento do mercado interno e na participação expressiva no Produto Interno Bruto (PIB). Reconhecido internacionalmente pela produtividade e diversidade de culturas e sistemas produtivos, o setor tem demonstrado resiliência e capacidade de crescimento ao longo das últimas décadas. Contudo, a manutenção dessa posição de destaque em um cenário global cada vez mais competitivo e pressionado por demandas ambientais e sociais exige a incorporação contínua de inovações capazes de promover eficiência produtiva aliada à sustentabilidade (MAPA, 2022; CEPEA, 2023).

Nesse contexto, a aplicação de tecnologias digitais no agronegócio nacional tem impulsionado o desenvolvimento da chamada Agricultura 4.0, caracterizada pela utilização intensiva de dados, automação e conectividade ao longo da cadeia produtiva. Ferramentas como sensores, drones, sistemas de georreferenciamento, plataformas digitais e soluções baseadas em IA possibilitam a prática da agricultura de precisão, otimizando o uso de recursos naturais, ampliando a rastreabilidade dos produtos e fortalecendo a gestão das propriedades rurais. Além disso, iniciativas voltadas à ampliação da conectividade rural têm permitido maior acesso dos produtores às



inovações tecnológicas, embora ainda persistam desafios relacionados à infraestrutura e à capacitação tecnológica, especialmente entre pequenos e médios produtores (EMBRAPA, 2021; CETIC.BR, 2022).

Diante desse cenário, o presente trabalho parte da seguinte questão norteadora: como as tecnologias digitais estão impactando o agronegócio nacional e quais são os principais desafios e oportunidades para a sua plena consolidação? Tal questionamento justifica-se pela necessidade de compreender a profundidade dessas transformações e identificar estratégias que contribuam para o fortalecimento do Brasil como referência global em um agronegócio digital, competitivo e sustentável.

Assim, o objetivo deste estudo é analisar o papel das tecnologias digitais na pujança do agronegócio nacional, explorando seus benefícios, desafios e perspectivas futuras. Para tanto, serão abordados aspectos relacionados à conectividade rural, às principais inovações tecnológicas e à atuação de instituições como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa e o Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação - Cetic.br na promoção da transformação digital no campo.

2 METODOLOGIA

O trabalho é de abordagem qualitativa, com pesquisa exploratória, descritiva e revisão bibliográfica.

O método empregado neste trabalho caracteriza-se pela abordagem qualitativa, a qual permite ao pesquisador adentrar no pensamento e nas concepções do fenômeno, ao dar voz ao sujeito, considerando seus contextos e subjetividades. Nesse processo investigativo, surgem novas justificativas para compreender e observar o objeto de estudo, sob a perspectiva de diferentes crenças, bem como das tipologias de coleta e análise de dados (OLIVEIRA *et al.*, 2021). No âmbito da pesquisa, foi realizada uma investigação qualitativa de forma *online*, junto a produções científicas e documentos institucionais relacionados ao uso de tecnologias digitais no agronegócio brasileiro, permitindo a análise crítica de diferentes perspectivas teóricas e empíricas acerca do

fenômeno estudado, conforme recomendado por Minayo (2021).

A pesquisa exploratória descritiva, conforme Gil (2026), tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema em questão, a fim de torná-lo mais explícito ou possibilitar a construção de hipóteses. Seu planejamento é tipicamente flexível, pois busca abranger os diversos aspectos relacionados ao fato ou fenômeno estudado. A pesquisa descritiva, por sua vez, visa descrever as características de uma população. No presente trabalho, por tratar-se de uma pesquisa exploratória descritiva com o intuito de aprofundar o entendimento sobre o tema, foi implementada a análise de dados secundários, uma vez que estes se configuram como fontes valiosas, contribuindo para a formação de um conhecimento abrangente e proporcionando a base necessária para a realização de inferências, conforme destacado por Lakatos e Marconi (2022), ao enfatizarem a relevância desse tipo de dado em estudos de natureza teórica e analítica.

A pesquisa bibliográfica constitui uma atividade fundamental no desenvolvimento de trabalhos acadêmicos e científicos. A realização de uma revisão da literatura evita a duplicação de pesquisas e, quando necessário, possibilita o reaproveitamento e a aplicação de estudos em diferentes escalas e contextos. Além disso, permite: identificar possíveis lacunas nos estudos existentes; compreender os recursos necessários para a elaboração de um estudo com características específicas; desenvolver investigações que preencham lacunas na literatura, proporcionando uma contribuição significativa para um campo científico; propor temas, problemas, hipóteses e metodologias inovadoras de pesquisa; e otimizar os recursos disponíveis em benefício da sociedade, do campo científico, das instituições e dos governos que financiam a ciência. Não é por acaso que artigos que apresentam revisões de literatura costumam ser amplamente procurados pelos leitores de publicações científicas. No trabalho, foi realizada uma pesquisa de literatura disponível em periódicos e artigos relacionados à Agricultura 4.0, à transformação digital no agronegócio brasileiro e à aplicação de tecnologias digitais no setor agropecuário nacional, conforme orientações metodológicas propostas por Gil (2026).

Para isso, foram utilizadas as seguintes plataformas: Google Acadêmico, Revistas *Online* e sites como os da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea) e do Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (Cetic.br), entre outros.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico foram abordados os temas, tecnologia digitais, agronegócio e tecnologias digitais no desenvolvimento do agronegócio nacional.

3.1 Tecnologias Digitais

As tecnologias digitais, no contexto da Agricultura 4.0, compreendem um conjunto de inovações voltadas à otimização dos processos produtivos, gerenciais e comerciais do setor agropecuário. Essas tecnologias promovem maior integração entre sistemas físicos e digitais, permitindo decisões baseadas em dados, aumento da eficiência operacional e uso mais sustentável dos recursos naturais (KAGERMANN, 2022; EMBRAPA, 2023).

A Internet das Coisas (*Internet of Things – IoT*) refere-se à interconexão de dispositivos físicos equipados com sensores, softwares e sistemas de comunicação capazes de coletar e transmitir dados em tempo real. No agronegócio, a IoT é amplamente utilizada em sensores de solo para monitoramento de umidade e nutrientes, coleiras inteligentes para rastreamento de animais e sistemas automatizados de irrigação, contribuindo para a agricultura de precisão e a redução de desperdícios (EMBRAPA, 2021).

A Inteligência Artificial (IA), por sua vez, diz respeito à capacidade de sistemas computacionais simularem habilidades humanas como aprendizado, raciocínio e tomada de decisão. No ambiente agropecuário, a IA é aplicada em sistemas de visão computacional para identificação de pragas e doenças, modelos preditivos de produtividade e otimização do uso de máquinas agrícolas. A IA generativa tem ampliado esse potencial ao permitir a criação de modelos avançados de análise e simulação a partir de grandes volumes de dados, apoiando estratégias de gestão e inovação no campo (RUSSELL; NORVIG, 2021; DWIVEDI et al., 2023).

O *Big Data* e a análise de dados constituem elementos essenciais diante do grande volume de informações geradas por sensores, drones, máquinas agrícolas e plataformas digitais. Essas ferramentas possibilitam a identificação de padrões, previsão de tendências e suporte à tomada de decisão ao longo de toda a cadeia produtiva, desde o planejamento do plantio até a comercialização da produção.

Os drones e o sensoriamento remoto também desempenham papel relevante na agricultura digital. Equipados com câmeras e sensores multiespectrais, permitem o monitoramento da saúde das lavouras, a identificação de falhas nutricionais ou hídricas, o mapeamento topográfico e a contagem de animais, oferecendo uma visão detalhada e em tempo quase real das propriedades rurais (Guebsi et al., 2024).

Outra tecnologia de destaque é o Blockchain, caracterizado como um sistema de registro distribuído que assegura a transparência, segurança e imutabilidade das informações. No agronegócio, sua aplicação está associada à rastreabilidade de produtos, certificação de origem e garantia de práticas sustentáveis, fortalecendo a confiança do consumidor e a competitividade do setor, como observado em iniciativas conduzidas pela Embrapa (Nunes et al., 2025)

Por fim, a conectividade rural constitui a base estrutural para a implementação das tecnologias digitais no campo. A expansão das redes 4G e 5G tem sido fundamental para viabilizar a transmissão de dados em tempo real e a integração dos sistemas digitais. Dados recentes indicam avanço significativo da cobertura móvel e do acesso à internet em áreas rurais brasileiras, embora persistam desigualdades regionais que demandam políticas públicas e investimentos contínuos (CETIC.BR, 2023).

3.2 Agronegócio Brasileiro

O agronegócio brasileiro ocupa posição estratégica na economia nacional, configurando-se como um dos principais responsáveis pela geração de empregos, pelo crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) e pela expressiva participação nas



exportações do país. O Brasil destaca-se como um dos maiores produtores e exportadores mundiais de alimentos, desempenhando papel central na segurança alimentar global (MAPA, 2022; CEPEA, 2023).

Caracterizado por sua diversidade produtiva, o setor abrange desde pequenos produtores familiares até grandes corporações agroindustriais, contemplando uma ampla variedade de culturas e criações, como soja, milho, café, carne bovina e aves. Essa heterogeneidade confere ao agronegócio brasileiro grande capacidade de adaptação frente às oscilações de mercado e às exigências ambientais e sociais (BUAINAIN, 2021).

Ao longo de sua trajetória, o agronegócio nacional tem demonstrado elevada capacidade de inovação, fortemente apoiada por investimentos em pesquisa e desenvolvimento. Instituições como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) desempenham papel fundamental na geração e difusão de tecnologias, por meio do desenvolvimento de cultivares adaptadas às condições climáticas brasileiras, técnicas de manejo sustentável e sistemas produtivos mais eficientes.

3.3 Tecnologias Digitais no Desenvolvimento do Agronegócio

A incorporação das tecnologias digitais ao agronegócio brasileiro tem promovido transformações significativas nas práticas agrícolas e pecuárias, impulsionando ganhos de eficiência, produtividade e sustentabilidade. A Agricultura Digital, também denominada Agricultura 4.0, materializa essa integração ao possibilitar a coleta, o processamento e a análise de dados em tempo real, favorecendo uma gestão mais precisa e estratégica das propriedades rurais.

Nesse contexto, destacam-se as soluções desenvolvidas pela Embrapa, como o AgroAPI, plataforma que disponibiliza modelos e informações agropecuárias por meio de interfaces de programação, e o SATVeg, sistema de monitoramento remoto via imagens de satélite. Essas iniciativas exemplificam a aplicação prática da pesquisa científica para a resolução de problemas reais do campo, fortalecendo a tomada de decisão baseada em dados (EMBRAPA, 2021; EMBRAPA, 2022).

Além disso, aplicativos como o Irriga Certo e o BovTrace evidenciam o uso das tecnologias digitais no manejo da irrigação e na rastreabilidade da cadeia produtiva bovina, respectivamente, contribuindo para o uso racional dos recursos naturais e para o atendimento às exigências dos mercados consumidores (EMBRAPA, 2020).

Dados recentes indicam que o uso de tecnologias digitais no agronegócio brasileiro apresentou crescimento expressivo, refletindo a rápida adoção dessas inovações pelos produtores e o reconhecimento de seus benefícios econômicos e ambientais. A tendência é de consolidação da Agricultura 4.0 e avanço em direção à Agricultura 5.0, que enfatiza a sustentabilidade, a personalização da produção e a colaboração entre seres humanos e sistemas inteligentes (SCHWAB, 2021).

Apesar dos avanços, a plena implementação das tecnologias digitais ainda enfrenta desafios relacionados à conectividade em áreas remotas e à capacitação técnica dos produtores. A superação desses obstáculos é fundamental para garantir que os benefícios da digitalização alcancem todos os elos da cadeia produtiva, promovendo um agronegócio mais inclusivo, competitivo e sustentável (CETIC.BR, 2023; BUAINAIN *et al.*, 2021).

2 RESULTADOS e DISCUSSÃO

O trabalho problematiza como as tecnologias digitais estão impactando o agronegócio nacional, aplicando os procedimentos metodológicos de abordagem qualitativa, exploratória descritiva e revisão bibliográfica.

A análise dos dados e da literatura especializada evidencia que a digitalização do campo tem promovido transformações estruturais significativas, alinhadas aos princípios da Agricultura 4.0, caracterizada pelo uso intensivo de dados, automação e conectividade (Kagermann e Wahlster, 2022).

Um dos resultados mais relevantes refere-se ao avanço da conectividade rural,

elemento essencial para a adoção das tecnologias digitais. Dados do Cetic.br (2025) indicam que 83% dos indivíduos residentes em áreas rurais brasileiras já acessaram a internet, enquanto o Ministério das Comunicações aponta um crescimento de 150% no acesso à internet no meio rural entre 2016 e 2024 (Brasil, 2024). A ampliação da cobertura das redes 4G e 5G no campo, que passou de 18,7% para 33,9% entre 2024 e 2025, reforça o papel estratégico da conectividade como base para a operação de sistemas inteligentes no agronegócio (Cetic.br, 2023).

O gráfico abaixo apresenta a evolução percentual do acesso à internet em áreas rurais brasileiras, evidenciando crescimento contínuo a partir de 2016, com aceleração mais expressiva após 2020, associada a políticas públicas e investimentos privados em infraestrutura digital.

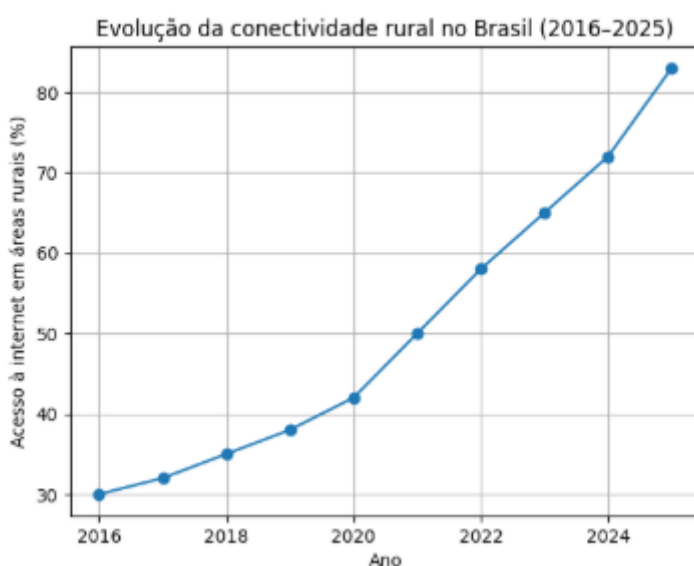


Gráfico 1 – Evolução da conectividade rural no Brasil (2016–2025)

Fonte: Base de dados do Cetic.br (2025) e Ministério das Comunicações (2024).

A análise demonstra que a ampliação da conectividade tem viabilizado a adoção

de tecnologias da Agricultura 4.0, cujo uso no agronegócio brasileiro cresceu cerca de 35% em 2025 em relação ao ano anterior. Esse dado evidencia a percepção positiva dos produtores quanto aos benefícios dessas inovações, especialmente no aumento da produtividade e na redução de custos operacionais (Schwab, 2016).

A Internet das Coisas (IoT) destaca-se nesse cenário, sendo amplamente utilizada para o monitoramento de variáveis produtivas, como umidade do solo, condições climáticas e saúde animal, possibilitando uma gestão mais precisa dos recursos naturais (Embrapa, 2021). A Inteligência Artificial e o *Big Data* complementam esse processo ao transformar grandes volumes de dados em informações estratégicas para previsão de safras, detecção precoce de pragas e tomada de decisão baseada em evidências (Sudha & Loret, 2026).

Outro resultado relevante refere-se ao papel das instituições de pesquisa, especialmente a Embrapa, no desenvolvimento e disseminação dessas tecnologias. Soluções como o Sistema Brasileiro de Agrorastreabilidade (Sibraar), o AgroAPI e o SATVeg demonstram como a ciência tem contribuído diretamente para a digitalização do campo, promovendo rastreabilidade, integração de dados e monitoramento remoto das atividades agropecuárias (Embrapa, 2022).

Os impactos econômicos, sociais e ambientais da digitalização do agronegócio também são evidentes. A agricultura de precisão contribui para a redução de custos operacionais, minimização do desperdício de insumos e aumento da rentabilidade das propriedades, ao mesmo tempo em que fortalece práticas sustentáveis e atende às exigências dos mercados internacionais (Finger, 2023)

Apesar dos avanços observados, a análise evidencia desafios persistentes, especialmente relacionados à conectividade em regiões remotas e à capacitação digital dos produtores rurais, sobretudo pequenos e médios. A superação desses entraves exige investimentos contínuos em infraestrutura, políticas públicas de inclusão digital e programas de educação e treinamento (Buainain et al., 2021; Cetic.br, 2023).

Em síntese, os resultados confirmam que as tecnologias digitais estão

reconfigurando o agronegócio brasileiro, tornando-o mais produtivo, eficiente e sustentável. Entretanto, a consolidação da liderança do Brasil na agricultura digital depende da universalização do acesso às tecnologias e do fortalecimento das competências digitais no meio rural.

3 CONCLUSÃO

O trabalho objetivou analisar as tecnologias digitais na pujança do agronegócio nacional, aplicando os procedimentos metodológicos de abordagem qualitativa, exploratória, descritiva e revisão bibliográfica.

A investigação realizada evidenciou que o agronegócio brasileiro se encontra em um estágio avançado de transformação digital, impulsionado pela crescente adoção de inovações tecnológicas que abrangem desde a ampliação da conectividade rural até a aplicação de recursos como Inteligência Artificial, Internet das Coisas e *Blockchain*.

Os resultados da análise demonstram que a expansão da conectividade no meio rural, embora ainda marcada por desigualdades regionais, constitui um fator essencial para a disseminação e consolidação de tecnologias digitais, como IoT, IA, *Big Data*, drones e sensoriamento remoto. Tais ferramentas têm possibilitado aos produtores rurais uma gestão mais eficiente das propriedades, promovendo ganhos de produtividade, redução de custos operacionais e a adoção de práticas mais sustentáveis. Nesse contexto, destaca-se a atuação de instituições como a Embrapa, cujo desenvolvimento de soluções tecnológicas — a exemplo do Sibraar, AgroAPI, SATVeg, Irriga Certo e BovTrace — reforça o compromisso nacional com a modernização do setor e posiciona o Brasil como referência no cenário da agricultura digital.

Entretanto, a pesquisa também revelou que a consolidação plena das tecnologias digitais no agronegócio brasileiro ainda depende da superação de desafios significativos. A universalização do acesso à internet de qualidade em todas as regiões rurais, bem como a capacitação contínua dos produtores para o uso eficiente dessas ferramentas, configura-se como aspectos fundamentais. Persistem desigualdades no acesso e na



apropriação tecnológica entre grandes, médios e pequenos produtores, o que demanda ações articuladas entre o poder público e a iniciativa privada, voltadas à promoção de uma inclusão digital mais equitativa.

Este trabalho não teve a pretensão de esgotar a temática, mas sim de lançar luz sobre a relevância das tecnologias digitais para o futuro do agronegócio brasileiro, destacando seus impactos, potencialidades e os caminhos necessários para a maximização de seus benefícios. A transição para a Agricultura 5.0, orientada pela sustentabilidade, inovação e personalização da produção, aponta para um cenário no qual a tecnologia se torna cada vez mais integrada aos processos produtivos e decisórios do setor.

Por fim, sugere-se que pesquisas futuras adotem abordagens empíricas, com o objetivo de avaliar de forma mais aprofundada o impacto da adoção de tecnologias digitais na rentabilidade, produtividade e sustentabilidade de propriedades rurais de diferentes portes. Além disso, estudos voltados à análise da efetividade de programas de capacitação digital e ao desenvolvimento de modelos de negócios inovadores no agronegócio digital poderão contribuir para o avanço do conhecimento científico e para o fortalecimento do setor.

4 REFERÊNCIAS

BUAINAIN, A. M. et al. **Agricultura digital e desigualdades no campo brasileiro**. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 59, n. 4, e246098, 2021.

CETIC.BR. *Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos domicílios brasileiros: TIC Domicílios 2024*. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2025. Disponível em: https://cetic.br/media/docs/publicacoes/2/20250512120132/tic_domicilios_2024_livro_eletronico.pdf. Acesso em: 20 jan. 2026.



CONCETARAGRO. *Indicador de Conectividade Rural*. São Paulo, 2025. Disponível em: <https://www.conectaragro.com.br/indicadordeconectividaderural/> . Acesso em: 22 jan. 2026.

DWIVEDI, Y. K. et al. **So what if ChatGPT wrote it?** Multidisciplinary perspectives on opportunities, challenges and implications of generative conversational AI. *International Journal of Information Management*, v. 71, 102642, 2023.

EMBRAPA. *Sistema Brasileiro de Agorrastreabilidade (SIBRAAR)*. Brasília: Embrapa, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnicas/-/produto-servico/8599/sibraar---sistema-brasileiro-de-agorrastreabilidade> . Acesso em: 18 jan. 2026.

EMBRAPA. *AgroAPI: integração de dados e modelos agropecuários*. Brasília: Embrapa, 2024. Disponível em: <https://www.portal.agroapi.cnptia.embrapa.br/> . Acesso em: 18 jan. 2026.

EMBRAPA. *SATVeg: monitoramento remoto da vegetação por satélite*. Brasília: Embrapa, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnicas/-/produto-servico/12245/sistema-de-analise-temporal-da-vegetacao-satveg> . Acesso em: 18 jan. 2026.

EMBRAPA. *Agro 4.0: o papel da pesquisa e perspectivas para a agricultura brasileira*. Embrapa, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1154917/agro-40-o-papel-da-pesquisa-e-perspectivas-para-a-transformacao-digital-na-agricultura> Acesso em 15 fev. 2026.

FINGER, R. **Digital innovations for sustainable and resilient agricultural systems**. *European Review of Agricultural Economics*, Volume 50, Issue 4, September 2023, Pages 1277–1309. Disponível em: <https://academic.oup.com/erae/article/50/4/1277/7208892> Acesso em: 13 fev. 2026.

GUEBSI, R.; MAMI, S.; CHOKMANI, K. **Drones in Precision Agriculture: A Comprehensive Review of Applications, Technologies, and Challenges**. *Drones* 2024, 8, 686. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/drones8110686> Acesso em: 13 fev. 2026.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2026.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; **Ten Years of Industrie 4.0**. *Sci*, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2413-4155/4/3/26> Acesso em: 13 fev 2026.

LAKATOS, E. M., & MARCONI, M. de A. **Metodologia Científica** (8ª ed.). Atlas, 2022.

MINISTÉRIO DAS COMUNICAÇÕES (MCOM). *Conectividade rural no Brasil cresce 150% entre 2016 e 2024*. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mcom/pt-br/noticias/2025/Julho/acesso-a-internet-nas-areas-rurais-dispara-150-em-oito-anos-e-alcanca-84-8-da-populacao> . Acesso em: 21 jan. 2026.



NUNES, L. C. de M., CARROMEU, C., LIMA, I. B. T. de, & SANTOS, S. M. A. V. **Uso do blockchain no contexto agropecuário brasileiro: impactos, desafios e oportunidades.** Cadernos Cajuína, 10 ed., 2025. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1182225> Acesso em: 12 fev. 2026.

OLIVEIRA, M. F. et al. **Pesquisa qualitativa: fundamentos teóricos e metodológicos.** *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, v. 6, n. 8, p. 23–39, 2021.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. *Artificial intelligence: a modern approach*. 4. ed. New York: Pearson, 2021.

SCHWAB, K. *A quarta revolução industrial*. São Paulo: Edipro, 2016.

SCHWAB, K. *Stakeholder capitalism: a global economy that works for progress, people and planet*. Hoboken: Wiley, 2021.

SUDHA, S. P., LORET, J. B. S. **A review on machine learning-based precision agriculture techniques for crop farming monitoring with IOT.** *Discover Environment*, 2026. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s44274-025-00305-8> Acesso em 13 fev. 2026.