



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO - PREG
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

Maria Eduarda Souza de Arruda

**Automação e inteligência artificial aplicada à mecanização agrícola no Brasil:
perspectivas e desafios**

**Recife
2025**

Maria Eduarda Souza de Arruda

**Automação e inteligência artificial aplicada à mecanização agrícola no Brasil:
perspectivas e desafios**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Agrícola e Ambiental da Universidade
Federal Rural de Pernambuco.

Orientador (a): Emanuel Di Tarso Santos
Sousa

**Recife
2025**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Suely Manzi – CRB-4 809

A773a Arruda, Maria Eduarda Souza de.
Automação e inteligência artificial aplicada à
mecanização agrícola no Brasil: perspectivas e desafios /
Maria Eduarda Souza de Arruda. – Recife, 2025.
38 f.

Orientador(a): Emanuel Di Tarso Santos Sousa.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado
em Engenharia Agrícola e Ambiental, Recife, BR-PE, 2025.

Inclui referências.

1. Trabalhadores rurais. 2. Agronegócio. 3. Robótica. 4.
Tecnologia agrícola 5. Inteligência artificial. I. Sousa,
Emanuel Di Tarso Santos, orient. II. Título

CDD 628

Maria Eduarda Souza de Arruda

**Automação e inteligência artificial aplicada à mecanização agrícola no Brasil:
perspectivas e desafios**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Agrícola e Ambiental da Universidade
Federal Rural de Pernambuco.

Aprovado em 12/12/2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Emanuel Di Tarso Santos Sousa (Orientador)

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Juliana Pinheiro Dadalto (Examinador Interno)

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Marco Antonio Zanella (Examinador Interno)

Universidade Federal Rural de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Elisângela e Jean, que transformaram a falta de oportunidades deles em todas as minhas. Que sob um sol escaldante, me mostraram o caminho com sombra e me deram a força e motivação para continuar e chegar até aqui.

À minha família, constituída de mulheres fortes e batalhadoras. Agradeço por todo o apoio, principalmente nos estudos, e por acreditarem no meu potencial. Em especial, à minha tia Eliane, a primeira a conquistar o diploma universitário e a abrir o caminho para todos nós; à Karol, que sempre foi minha maior inspiração; e, com saudade, à minha Nenokinha (*in memoriam*), que, embora tenha partido recentemente, sempre cuidou de mim como uma filha.

Ao PET AgroEnergia, que foi um pilar fundamental na minha formação acadêmica, proporcionando experiências que ajudaram a moldar a profissional que sou hoje. De modo particular, agradeço Cristiane Guiselini, cuja dedicação e exemplo de profissionalismo foram essenciais nesta jornada. Obrigada por acreditar no meu potencial e por guiar com tanta sabedoria e carinho.

A todos os meus amigos, que transformaram a longa e árdua jornada da graduação em uma experiência muito mais leve e feliz. Sem vocês eu não teria conseguido.

A todos os meus professores, por compartilharem seus conhecimentos e me ensinarem não apenas as matérias, mas a pensar criticamente e a enxergar o mundo sob novas perspectivas. Sou grata por cada ensinamento que contribuiu para a minha formação profissional e pessoal.

E para concluir, trago as palavras de um personagem que me inspira há anos, Ted Mosby de *How I Met Your Mother*: "Os grandes momentos da sua vida não são necessariamente as coisas que você faz, eles também são as coisas que acontecem com você... O universo tem um plano... Todas essas pequenas peças da máquina funcionando constantemente, trabalhando para que você acabe exatamente onde você deveria estar. No lugar certo, na hora certa." Essa citação me acompanha até hoje e me traz a certeza de que cada passo, cada encontro e cada desafio me trouxeram exatamente aqui, no lugar certo, na hora certa, como tudo deveria ser.

“Podem ter a certeza de que não foi quando descobriu a América, mas sim quando estava a descobri-la, que Colombo se sentiu feliz.”

- Fiódor Dostoiévski

RESUMO

Este trabalho investiga a transformação do agronegócio brasileiro diante da integração entre automação e Inteligência Artificial, analisando como essas ferramentas podem equilibrar o aumento da demanda produtiva com a sustentabilidade ambiental e a inclusão social. Por meio de uma revisão bibliográfica realizada entre os anos de 2020 e 2025, o estudo demonstra que a mecanização agrícola vive uma mudança de paradigma: as máquinas deixaram de ser apenas ferramentas de força bruta para se tornarem sistemas cognitivos capazes de tomar decisões autônomas. Os resultados evidenciam que tecnologias como os robôs Solix e Arbus 4000 JAV já são uma realidade capaz de elevar a produtividade e gerar economia operacional significativa, como a redução no consumo de diesel e insumos. Por outro lado, observa-se que a sofisticação das máquinas colide com a realidade humana e estrutural do campo. Apesar de contarmos com um 'estado da arte' tecnológico, a universalização desses benefícios enfrenta grandes obstáculos, como a precariedade do sinal de internet e a dificuldade de capacitação profissional, agravada pelos índices de analfabetismo funcional na mão de obra rural. Conclui-se, portanto, que o desafio para a próxima década não é mais o desenvolvimento das máquinas, que já estão prontas, mas sim a criação de políticas de infraestrutura e educação.

Palavras-chave: Inteligência Artificial no Campo; Otimização agrícola; Sustentabilidade; Mecanização Agrícola

ABSTRACT

This study investigates the transformation of Brazilian agribusiness regarding the integration of automation and Artificial Intelligence, analyzing how these tools can balance the increase in productive demand with environmental sustainability and social inclusion. Through a literature review conducted between the years 2020 and 2025, the study demonstrates that agricultural mechanization is undergoing a paradigm shift: machines have ceased to be merely tools of brute force to become cognitive systems capable of making autonomous decisions. The results highlight that technologies such as the Solix and Arbus 4000 JAV robots are already a reality capable of increasing productivity and generating significant operational savings, such as the reduction in diesel and input consumption. On the other hand, it is observed that the sophistication of the machines clashes with the human and structural reality of the field. Despite having a technological 'state of the art', the universalization of these benefits faces major obstacles, such as precarious internet connectivity and difficulties in professional qualification, aggravated by rates of functional illiteracy in the rural workforce. Therefore, it is concluded that the challenge for the next decade is no longer the development of machines, which are already ready, but rather the creation of infrastructure and education policies.

Keywords: Artificial Intelligence in Agriculture; Agricultural optimization; Sustainability; Agricultural Mechanization.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo Geral.....	13
2.2 Objetivos Específicos.....	13
3. REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1 Automação na Mecanização.....	14
3.2 Agricultura de Precisão e Digital.....	16
3.3 Inteligência Artificial.....	18
4. METODOLOGIA	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
REFERÊNCIAS	31

INTRODUÇÃO

O setor agrícola brasileiro é fundamental para a economia nacional e um pilar da segurança alimentar global. Mas, ele é também um dos maiores contribuintes para as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). Ao se somarem as emissões diretas (provenientes da operação, como o uso de combustíveis e fertilizantes) e as emissões indiretas (principalmente associadas à mudança no uso da terra, como o desmatamento), o agronegócio nacional é responsável por aproximadamente 71% das emissões totais do país (CEBDS).

Ligado ao que foi citado acima, a agricultura moderna enfrenta um grande desafio que é a necessidade de aumentar a produção de alimentos e, ao mesmo tempo, garantir a sustentabilidade ambiental. Com a população global projetada para atingir 9,7 bilhões de pessoas até 2050, as estimativas revisadas da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (FAO) indicam que a produção agrícola precisará crescer cerca de 60% para atender à demanda por alimentos, rações e biocombustíveis.

A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) prevê um aumento anual de 1,1% na produção global de alimentos de 2023 a 2032. Diante desses desafios, a implementação da Inteligência Artificial (IA) na gestão agrícola emergiu como uma potencial solução para otimizar a produção, melhorar a eficiência e impulsionar a sustentabilidade no campo.

O objetivo central desta transformação tecnológica está diretamente ligado a três vetores estratégicos que guiam o agronegócio nacional, de acordo com Mendes (2025). Esses vetores são: a maximização da produtividade (como resposta à demanda global por alimentos), a otimização da eficiência (focada na redução de custos operacionais e desperdícios de insumos) e a reconfiguração do mercado de trabalho rural (que impacta a qualificação e a dinâmica do emprego). Dados recentes mostram que a aplicação de Inteligência Artificial na mecanização, através de sistemas de visão computacional e aprendizado de máquina, já permite não apenas capturar sinais neurais de especialistas para treinar modelos de identificação de doenças, mas também otimizar de forma autônoma a aplicação de insumos críticos como água e fertilizantes.

O relatório de tendências da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) para o biênio 2024-2025 identifica uma tensão mundial contemporânea sobre o avanço colossal da Inteligência Artificial (IA), situando o setor agrícola no

epicentro de debates sobre eficiência produtiva, ética algorítmica e sustentabilidade ambiental.

A "Visão 2030" da Embrapa sinaliza uma megatendência clara: a convergência tecnológica. Isso significa que áreas como a biotecnologia, a nanotecnologia e a tecnologia da informação vão se fundir completamente. Neste novo panorama, máquinas e equipamentos deixam de ser simples ferramentas de força para se tornarem plataformas inteligentes de coleta de dados e agentes de intervenção precisa. Elas passam a operar em um ecossistema onde o físico e o digital são, na prática, inseparáveis.

Entretanto, a difusão dessas tecnologias não acontece isoladamente no vácuo socioeconômico. A infraestrutura de conectividade permanece como uma dificuldade crítica, pois grandes áreas do território nacional ainda operam em "sombras digitais". Isso impõe grandes desafios à implementação de soluções baseadas em nuvem, exigindo o desenvolvimento de processamento na borda (*edge computing*), como aponta Santos (2024). Estudos econométricos recentes, baseados na Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), mostram que a automação está redefinindo o perfil do trabalhador rural, criando um prêmio de permanência para a mão de obra qualificada enquanto pressiona as ocupações que dependem de tarefas repetitivas e manuais (Fernandes, 2024).

Diante deste cenário complexo, onde a convergência tecnológica promete revolucionar o campo, mas colide com desafios estruturais de conectividade e qualificação profissional, torna-se essencial investigar a fundo o real alcance dessas inovações. O presente trabalho se propõe, portanto, a analisar o panorama da automação e da inteligência artificial na mecanização agrícola brasileira, buscando compreender como essas ferramentas podem conciliar o aumento da demanda produtiva com a sustentabilidade ambiental e a inclusão social, delineando as perspectivas e os desafios detalhados nos objetivos a seguir.

OBJETIVOS

Geral:

Realizar revisão bibliográfica sobre o uso de técnicas de automação e inteligência artificial aplicados na mecanização agrícola, visando aumento da produtividade, eficiência e sustentabilidade no setor agrícola.

Específicos:

- Verificar o estado da arte das tecnologias em automação e inteligência artificial atualmente empregadas nas operações mecanizadas de campo;
- Verificar o impacto da automação e da inteligência artificial na diminuição dos custos ou aumento de produtividade e na otimização da produção no campo;
- Analisar as mudanças do trabalhador rural com o avanço da automação e da inteligência artificial;
- Investigar como a automação e a inteligência artificial podem contribuir para a melhoria da qualidade de vida e da segurança do trabalhador no campo;

REVISÃO DE LITERATURA

Automação na Mecanização

O agronegócio brasileiro é um pilar da economia global, e sua competitividade é impulsionada por políticas públicas de longo prazo em Ciência, Tecnologia e Inovação, como apontam Bolfe et al. (2021). Pesquisas do SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural - (2022) confirmam a eficácia desses investimentos, mostrando um crescimento notável na Produtividade Total dos Fatores (PTF). O Brasil registrou um crescimento anual de 3,2% na PTF, um valor que supera a média mundial de 1,7%. Esse crescimento é relacionado aos investimentos em mecanização avançada e biotecnologia a partir dos anos 2000, o que levou o Brasil a ultrapassar a taxa de crescimento de produtores tradicionais, como os Estados Unidos e a China.

Além do mais, segundo o Ministério da Agricultura e Pecuária, a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), o setor foi responsável por cerca de 23,2% do PIB (Produto Interno Bruto) em 2024. Se for considerado todo o ecossistema do setor, o que inclui a agroindústria, transporte e outros serviços, essa participação pode até superar 25% do PIB, segundo análises feitas para o primeiro trimestre de 2025.

A inovação nesse campo acontece em uma velocidade muito alta. É como se a tecnologia de hoje já fosse ultrapassada amanhã. Na realidade, as tecnologias criadas agora podem ser superadas em apenas alguns meses por outras mais precisas e eficientes, seja de uma empresa concorrente ou até mesmo da mesma que o desenvolveu (Valadão et al, 2022). A Organização Mundial de Propriedade Intelectual (OMPI) prevê um crescimento acelerado, com o setor passando de US\$1,7 bilhão em 2023 para US\$4,7 bilhões em 2028. Isso mostra que estamos no meio de uma verdadeira "corrida tecnológica". Para se manterem à frente, as empresas estão investindo pesado em áreas como agricultura de precisão, automação e robótica. Elas não só criam novas soluções, mas também as protegem com patentes para garantir cada vez mais a exclusividade e uma vantagem competitiva e econômica no mercado.

A IA e a automação são dois recursos diferentes. Enquanto a IA atribui às máquinas a capacidade de interpretar dados de fora dela, como de sensores, por exemplo, processar essa informação e aprender padrões e regras, sem que necessariamente alguém precise programar especificamente cada passo que é para se fazer, se adaptando de maneira mais efetiva às mudanças do ambiente, a automação é responsável pela execução dessas tarefas já programadas na IA de maneira repetitiva e precisa (Valadão et al, 2022).

Os modelos atuais de maquinários que são mais tecnológicos são considerado mais sustentáveis se comparados com os tradicionais e mais antigos, conforme aponta a TOTVS (2024), os sistemas de suporte baseados em IA permitem um uso racional e mais preciso dos recursos, o que é um impacto muito grande e direto na questão ambiental. E, também, a otimização logística proporcionada pela automação tem um efeito direto na pegada de carbono do setor. A diminuição da frota de tratores e do consumo de óleo diesel resulta em uma redução direta da emissão de CO₂ nas operações (Balafoutis et al, 2017). Dessa forma, a eficiência impulsionada pela IA harmoniza o lucro econômico com a responsabilidade ambiental, fortalecendo a competitividade global do agronegócio sob uma perspectiva de sustentabilidade.

Um exemplo desse impacto da automação foi um caso que foi noticiado pelo Canal Rural, em 2023, é visto na cultura da cana-de-açúcar. A otimização dos processos de colheita e transbordamento permitiu que algumas empresas reduzissem o número de ativos. Em 2021, uma operação de transbordamento chegou a retirar 10 tratores da linha de serviço, o que gerou uma economia de diesel de cerca de R\$2,5 milhões já na primeira safra. Essa otimização não só cortou custos operacionais (diesel e ativos), como também reduziu as emissões de carbono e liberou capital para a empresa investir em novos produtos e Pesquisa & Desenvolvimento.

No setor social, com a chegada das máquinas inteligentes e dos sistemas de gestão digital, o perfil profissional no campo passa por uma transformação muito grande. Se antes a mecanização valorizava a qualificação da mão de obra para operar equipamentos complexos (SENAR, 2022), o novo cenário exige habilidades que vão além da operação mecânica. O profissional de hoje precisa de

competências para operar máquinas inteligentes de forma totalmente integrada aos sistemas de gestão da propriedade (Grzybovski, 2022).

Agricultura de Precisão e Digital

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, fala que ao unir informações de satélites, sensores no solo, drones, dados do clima e de equipamentos de telemetria, é possível entender o que acontece nas lavouras com muito mais precisão. Isso permite analisar riscos como o exemplo da seca, excesso de chuva, pragas e doenças, antes que causem grandes perdas, além de que ajuda a monitorar as plantações em tempo real, consequentemente sem precisar que tenha deslocamentos constantes até o campo para ver como está.

Para entender de fato como as novas tecnologias digitais geram o impacto na produção e no campo é fundamental que a análise seja feita de forma genérica, olhando para três principais vertentes: Econômica, Ambiental e Social, é preciso ter essa maior visão multidimensional. Foi pensando na necessidade de uma avaliação completa do impacto das novas tecnologias que Maciel et al. (2020) desenvolveram o Ambitec-TICs. Baseado na estrutura metodológica do Balanço Social da Embrapa, este modelo de avaliação é rigoroso e organiza a análise de forma holística em três dimensões essenciais: Ambiental, Econômica e Social.

A própria Embrapa possui ferramentas similares e abrangentes, como o Sistema de Avaliação de Impactos Ambientais de Inovações Tecnológicas Agropecuárias (Ambitec-Agro). Ele consiste em um conjunto de matrizes de vários critérios que integram o desempenho de inovações para o agronegócio. Sete aspectos essenciais de avaliação são considerados: Uso de Insumos e Recursos; Qualidade Ambiental; Respeito ao Consumidor; Emprego; Renda; Saúde; e Gestão/Administração. Os critérios e indicadores são aplicados em matrizes de ponderação, onde os dados coletados no campo são transformados em índices de impacto e expressos graficamente.

Depois de um trabalho de análise e priorização, o Ambitec-TICs definiu um conjunto de 12 critérios e 65 indicadores, aplicados a todas as Tecnologias, Produtos, Processos e Serviços (TPPS) ligados às TICs no agronegócio. A importância deste mecanismo mora na sua capacidade de ir além dos ganhos de

produtividade (Econômico), capturando também a redução de impactos ambientais e benefícios sociais claros, como a melhoria da segurança no trabalho e o desenvolvimento econômico regional (Canal Rural, 2023).

O impacto econômico das novas tecnologias no agronegócio, para Bittencourt (2025), é nítido, sendo evidenciado pela manutenção da alta Produtividade Total dos Fatores e pela geração de valor monetário direto. Os investimentos em IA e automação resultam no aumento da produtividade e na otimização do tempo no campo. Além disso, os ganhos são resultados da otimização de insumos, levando em consideração que a agricultura de precisão permite uma redução comprovada de custos. A gestão inteligente de frotas e logística também mostra capacidade de diminuir despesas operacionais; um exemplo no setor sucroenergético mostrou que a automação gerou uma economia de R\$2,5 milhões em diesel na primeira safra (Canal Rural, 2023). O benefício disso tudo está na transformação desse capital economizado, que pode ser realocado para Pesquisa e Desenvolvimento, novos produtos ou expansão da atividade.

A diminuição dos custos ligada à adoção de tecnologias no campo é um fato. Estudos da Rede de Agricultura de Precisão da Embrapa, por exemplo, mostram que houve uma redução de custos na produção de algodão em sistemas *on farm* no Mato Grosso, destacando a importância da agricultura de precisão na gestão.

Atrelado ao que foi dito anteriormente, tem os produtores de porte menor enfrentam desafios para continuar a produção junto dos rápidos ciclos de atualização das tecnologias, o que exige um frequente investimento e aumenta o risco financeiro. A falta de assistência técnica e de conhecimento sobre novas tecnologias, além da falta financeira suficiente, prejudica o problema, levando muitos pequenos agricultores a utilizarem equipamentos antigos e pouco eficientes, o que limita a competitividade e produtividade (Gabardo, et. al. 2020). Além disso, a baixa escala de produção e o acesso restrito a tecnologias modernas contribuem para a desvalorização das pequenas propriedades. Sem a capacidade de se modernizar e se manterem alinhados com as inovações, esses produtores veem o valor de seus ativos diminuir, afetando sua sustentabilidade a longo prazo no setor agrícola (Lima et al., 2021).

Mas, para ter toda essa tecnologia no campo é necessário que tenha uma boa conectividade, o que ainda é um desafio para o agro. As tecnologias de ponta, como telemetria, análise de *Big Data* em nuvem e comunicação M2M, exigem uma infraestrutura de comunicação robusta e energia elétrica de qualidade, como afirma a TOVTS (2024). Conforme dados do SEBRAE (2021), apenas 31,19% dos locais que têm agricultura familiar no Brasil têm acesso à internet. Além disso, 17,08%, ainda não tem nem energia elétrica. Essa deficiência estrutural é um fator que restringe pequenos produtores, consequentemente concentrando a adoção e os benefícios nas grandes propriedades com alto nível monetário.

Inteligência Artificial

Para garantir o sucesso da implementação da Inteligência Artificial (IA) na agricultura, Coelho (2024) explica que não é um processo tão simples quanto comprar uma máquina, exige uma metodologia técnica bem rigorosa. O aprendizado de máquina, que é uma das partes mais importantes da IA, segue um ciclo de vida com 11 etapas essenciais: tudo começa com a definição do problema, passa pela coleta e análise dos dados, pela seleção e treinamento do modelo, até chegar na sua validação, ajuste, avaliação, implantação e, por fim, o monitoramento e a manutenção.

A aplicação da IA e da automação na agricultura brasileira tem uma amplitude muito grande e vai desde otimizar a logística até monitorar a saúde das plantações. Como destaca Coelho (2024), a IA é usada em sistemas que ajudam a prever e monitorar doenças, pragas e até mesmo as condições do tempo. De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a IA se tornou vital na manutenção preditiva de máquinas. Até mesmo empresas de máquinas agrícolas, como a John Deere (2023), relatam que seu sistema de diagnóstico preditivo, chamado Expert Alerts, utiliza a inteligência artificial para identificar sintomas de falhas nas máquinas antes de que elas aconteçam. Essa capacidade é necessária para diminuir o período que o maquinário vai ficar inativo. Além disso, essa intervenção antecipada reduz o custo de reparo e minimiza o impacto em componentes mais caros.

A telemetria, por exemplo, consegue dizer a quantidade exata de água que o sistema de irrigação vai precisar, conseqüentemente, otimizando o processo de forma inteligente e minimizando o desperdício. Ainda no setor da sustentabilidade, o monitoramento em tempo real e as análises preditivas viabilizam a aplicação localizada e minimizada de agrotóxicos e defensivos, o que reduz seu impacto nas plantações e no meio ambiente (Molin, 2003).

Mas, a capacitação dos trabalhadores rurais se apresenta como uma nítida limitação. Estudos de caso realizados no Rio Grande do Sul, por exemplo, apontam que as competências restritas da mão de obra local para lidar com a transformação digital impedem o pleno aproveitamento do potencial das máquinas inteligentes (Grzybovski, 2022). O perfil do trabalhador precisa evoluir: do conhecimento empírico tradicional para a gestão de dados, a operação de software e a manutenção de sistemas mais complexos e tecnológicos.

Além disso, de acordo com o Sebrae (2021), a capacitação básica também se coloca como um entrave fundamental. O analfabetismo funcional tem um número muito alto nesse meio, atingindo 26,4% dos agricultores familiares. Por consequência desse analfabetismo funcional, a adoção e o retorno do dinheiro sobre o investimento não serão efetivos se o produtor não confiar ou não conseguir interpretar as informações fornecidas pelo sistema de IA. Isso implica a necessidade da Explainable AI (XAI), que facilita a transição do conhecimento empírico para o dado estruturado, explica uma matéria postada na *International Business Machines Corporation* (Thorn, 2020).

É fundamental entender que, além da universalização do acesso, a integração da Inteligência Artificial na agricultura precisa considerar as questões éticas, como a privacidade dos dados gerados no campo. A coleta e o processamento de grandes volumes de informações (*Big Data*) exigem uma regulamentação clara, e isso é crucial para garantir a soberania do produtor sobre seus dados e prevenir a concentração excessiva de poder informacional (Mendes et. al., 2022).

A mecanização agrícola está passando por uma transformação radical: o fim da cabine do operador. Ao eliminar a necessidade de um motorista humano, o

design das máquinas deixa de priorizar o conforto da cabine para focar 100% nas necessidades biológicas da planta. Dois grandes exemplos dessa nova era são o robô Solix, da Solinftec, e o Arbus 4000 JAV, da Jacto.

A Solinftec revolucionou ao criar um robô que, literalmente, "vive no campo". Alimentado por energia solar, o Solix (Figura 1) possui uma autonomia energética virtualmente ilimitada, dispensando as paradas para reabastecimento de diesel. Sob o comando da inteligência artificial Alice AI, ele monitora a lavoura planta a planta, identificando pragas e doenças em tempo real. Essa vigilância constante permite intervenções cirúrgicas, como a aplicação localizada de defensivos, antes que o problema se espalhe. O resultado é tangível: na safra 23/24, essa tecnologia gerou um aumento de produtividade de 10 sacos por hectare na soja e 9 no milho (Solinftec, 2025).

Figura 1. Robô Solix da Solinftec.



Fonte: Solinftec, 2025.

Já a multinacional brasileira Jacto apostou nas culturas perenes (como citros e café) com o Arbus 4000 JAV (Figura 2). Sem cabine, o veículo utiliza sensores a laser (LIDAR) e câmeras para navegar com precisão entre as linhas de plantio. Além de um sistema inteligente de tração que economiza combustível, o JAV vai além da aplicação de produtos: ele conta os frutos e gera mapas de produtividade, permitindo uma previsão de colheita extremamente precisa. A inovação também

chega ao modelo de negócio, muitas vezes oferecido como serviço (*Machine as a Service*), onde o produtor paga pela operação garantida, sem se preocupar com a manutenção da máquina (Jacto, 2025).

Figura 2. Pulverizador Arbus 4000 JAV da Jacto.



Fonte: Jacto, 2025.

Em suma, a revisão de literatura demonstra que o agronegócio brasileiro dispõe de um 'estado da arte' tecnológico robusto, exemplificado por soluções autônomas e inteligentes como o Solix e o Arbus 4000 JAV, capazes de elevar a produtividade e reduzir impactos ambientais. No entanto, a teoria também evidencia uma dualidade crítica: a eficácia dessas máquinas depende intrinsecamente da superação de barreiras externas à engenharia, como a infraestrutura de conectividade e a capacitação humana. Essa base teórica fundamenta a necessidade de uma análise multidimensional dos resultados, preparando o terreno para entender como equilibrar a eficiência técnica com a realidade socioeconômica do campo

METODOLOGIA

Este trabalho teve uma pesquisa bibliográfica de caráter exploratório e descritivo, com o intuito de que os objetivos propostos fossem plenamente atingidos.

Macedo (1994, p. 13) afirma que o ponto de partida para todo trabalho científico é a pesquisa bibliográfica, que serve para revisar o conhecimento já publicado e, assim, evitar a repetição desnecessária do tema. De acordo com Lakatos e Marconi (2003), a pesquisa bibliográfica vai muito além de apenas repetir o que outros já disseram. Ela é, na verdade, um processo que nos permite examinar um tema sob uma nova abordagem, e, conseqüentemente, isso resulta em conclusões diferentes e inovadoras.

O desenvolvimento da pesquisa seguiu um fluxo estruturado em quatro etapas principais: definição das bases de dados, estratégia de busca, seleção do corpus literário e análise dos dados.

Bases de Dados e Fontes de Informação

O levantamento bibliográfico foi realizado no período de agosto a novembro de 2025. As fontes primárias e secundárias foram coletadas em plataformas acadêmicas reconhecidas e sites institucionais de relevância para o agronegócio. Foram utilizadas as seguintes bases de dados:

- Bases Acadêmicas: Google Acadêmico e SciELO (Scientific Electronic Library Online).
- Fontes Institucionais: Repositórios da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), publicações do MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária), relatórios da CNA (Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil) e do SENAR.

Critérios de Seleção

Para garantir a atualidade e a confiabilidade das informações, foi estabelecido uma prioridade de recorte temporal abrangendo os últimos cinco anos (2020 a 2025), dada a velocidade de atualização das tecnologias abordadas. Os critérios de inclusão definidos foram:

1. Artigos científicos, dissertações, teses e relatórios técnicos disponíveis na íntegra;
2. Documentos que abordassem especificamente o cenário brasileiro ou tecnologias aplicáveis ao Brasil;

3. Materiais que relacionassem diretamente a tecnologia com produtividade, sustentabilidade ou questões sociais.

Foram excluídos materiais puramente publicitários, artigos de opinião sem fundamentação técnica, textos duplicados e publicações fora do recorte temporal estabelecido, exceto obras clássicas conceituais.

Análise dos Dados

Após a aplicação dos filtros de seleção, chegou-se a um conjunto final de 25 documentos, que compuseram a base para a revisão de literatura. A análise desse material foi qualitativa, realizada por meio de leitura exploratória, seletiva e analítica.

As informações extraídas foram organizadas e sistematizadas em três eixos temáticos principais para a discussão dos resultados:

1. Aspectos Econômicos: Produtividade e redução de custos;
2. Aspectos Ambientais: Sustentabilidade e uso eficiente de recursos;
3. Aspectos Sociais e Estruturais: Desafios de conectividade, qualificação da mão de obra e acessibilidade tecnológica.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A presente pesquisa permitiu compreender a complexidade da transformação digital no agronegócio brasileiro. A análise da literatura e dos dados coletados aponta para uma dualidade entre a sofisticação tecnológica disponível e as barreiras estruturais para sua plena implementação. As conclusões deste estudo são apresentadas a seguir, divididas por eixos temáticos.

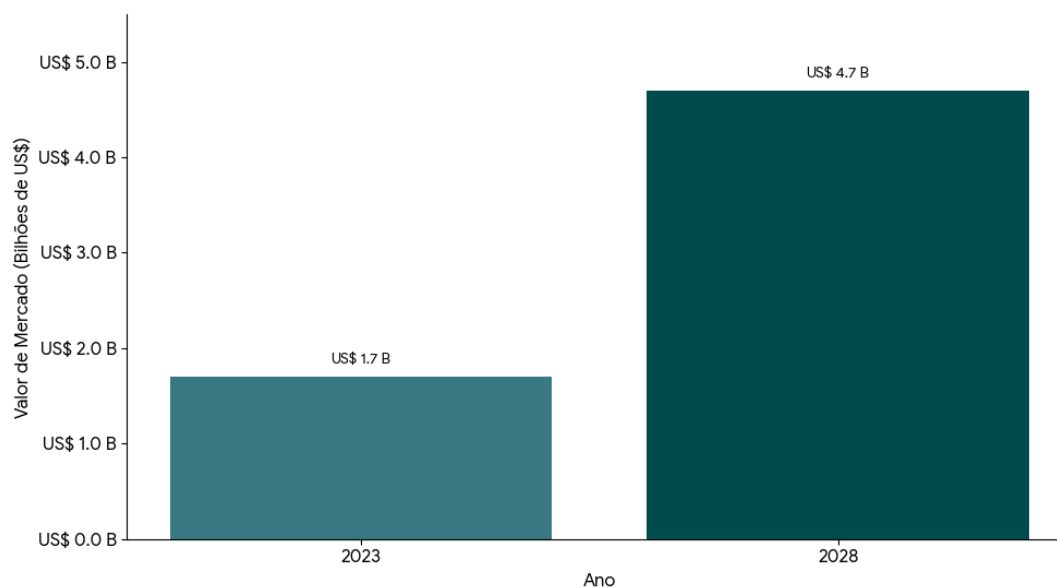
Estado da Arte: A Transição para Sistemas Cognitivos

Constata-se que a mecanização agrícola brasileira atravessa uma mudança de paradigma estrutural profunda. Não se trata mais apenas da substituição do trabalho manual pela força bruta da máquina, mas da transição para sistemas cognitivos e adaptativos. A integração entre Automação e Inteligência Artificial (IA) confere aos equipamentos uma capacidade inédita de interpretar variáveis ambientais dinâmicas e tomar decisões autônomas.

Diferentemente da mecanização tradicional, a IA permite que o maquinário processe dados de sensores e "aprenda" padrões sem programação explícita para cada etapa, enquanto a automação executa as tarefas com precisão repetitiva. O estado da arte, exemplificado por tecnologias como os robôs autônomos (a exemplo do Solix e do Arbus 4000 JAV), demonstra que já existem soluções maduras capazes de monitorar a lavoura "planta a planta", criando um ciclo de eficiência que se adapta em tempo real às mudanças do ambiente.

Aspectos Econômicos: Produtividade e Redução de Custos

Do ponto de vista econômico, observa-se uma movimentação vigorosa, descrita pelos autores como uma "corrida tecnológica". O mercado de *AgTech* reflete um otimismo fundamentado, com projeções de crescimento expressivas — de US\$1,7 bilhão em 2023 para cerca de US\$4,7 bilhões até 2028, conforme ilustrado na Figura 3 deste trabalho. Esse crescimento responde à necessidade premente do setor em manter sua competitividade global e proteger inovações.

Figura 3. Projeção de crescimento do mercado de AgTech e Inovação.

Os resultados financeiros tangenciam dois pilares essenciais: a eficiência produtiva e a redução de custos. A IA tem se mostrado o motor de crescimento da Produtividade Total dos Fatores (PTF) do Brasil, operando a uma taxa superior à média mundial. Casos práticos evidenciam ganhos diretos, como o aumento substancial de sacas por hectare na soja através da vigilância autônoma. Simultaneamente, a otimização logística permitiu, em casos reais do setor sucroenergético, retirar maquinário excedente da operação, gerando economias milionárias em combustível e liberando capital para o reinvestimento em Pesquisa e Desenvolvimento.

Aspectos Ambientais: Sustentabilidade e Uso Eficiente de Recursos

Para compreender a real dimensão dessas mudanças, é necessário superar a visão puramente economicista. A literatura recomenda a aplicação de uma visão multidimensional, como o modelo Ambitec-TICs. Conforme detalhado na Tabela 1, a tecnologia digital deve ser avaliada sob óticas que equilibram o retorno financeiro com a sustentabilidade e a qualidade de vida.

Tabela 1. Desafio para implementação de tecnologias digitais no meio do agronegócio no Brasil

Foco de Análise	O que se Propõe Avaliar	Escopo e Detalhamento	Contribuição Específica da Tecnologia
Econômica	Avaliar a eficiência, a competitividade e o retorno financeiro que a tecnologia traz, olhando além do simples aumento de produtividade	Utiliza um conjunto de 12 Critérios e 65 Indicadores que servem para analisar o uso das TICs em Tecnologias, Produtos, Processos e Serviços	Ajuda a quantificar a queda nos custos operacionais (com diesel e insumos) e o valor gerado pela gestão de dados
Social	Verificar como o trabalho está sendo transformado, o impacto na qualidade de vida, na segurança e como o conhecimento e a renda são gerenciados	Conta com uma adaptação específica para medir as mudanças exigidas na mão de obra e os benefícios na segurança e na ergonomia do ambiente de trabalho	É essencial para avaliar a transição do conhecimento prático (empírico) para o conhecimento técnico e o potencial de gerar empregos qualificados e alavancar a economia local.
Ambiental	Medir a sustentabilidade no uso de recursos, a mitigação de gases poluentes e o quanto se consegue reduzir a pegada	Permite analisar os impactos indiretos da tecnologia na otimização de recursos importantes, como	Quantifica a redução do uso de defensivos e melhora o uso da água, além de analisar a eficiência logística do

ecológica.	um exemplo da água	processo.
------------	-----------------------	-----------

Fonte: Maciel, 2020.

Sob a perspectiva ambiental apresentada na referida tabela, conclui-se que a tecnologia digital é uma aliada indispensável da preservação. A capacidade da IA de realizar aplicações localizadas de insumos reduz drasticamente a pegada química e preserva recursos hídricos, alinhando a lucratividade à responsabilidade ecológica e garantindo a longevidade dos recursos naturais.

Aspectos Sociais e Estruturais: Desafios de Conectividade e Qualificação

Apesar dos avanços técnicos, a análise revela uma "dialética tecnológica" no território nacional. A sofisticação dos novos equipamentos colide com a realidade social do campo, gerando barreiras significativas que foram sistematizadas na Tabela 2.

Tabela 2. Desafios da implementação de novas tecnologias na agricultura.

<u>ÁREA DO DESAFIO</u>	<u>PRINCIPAIS OBSTÁCULOS</u>	<u>IMPLICAÇÕES DIRETAS DA IA/AUTOMAÇÃO</u>	<u>BASE QUANTITATIVA (BRASIL)</u>
INFRAESTRUTURA	Cobertura de internet insuficiente e dificuldade em obter energia elétrica de qualidade.	Limita o uso de telemetria, o processamento de grandes volumes de dados e tem também a gestão das operações em tempo real.	Apenas 31,19% dos estabelecimentos familiares têm Internet; 17,08% não têm energia elétrica.
HUMANO	Habilidades insuficientes para operar sistemas	Pode dificultar a operação das máquinas mais	É preciso qualificar a mão de obra para

ACESSIBILIDADE E ÉTICA	integrados; Resistência em trocar o conhecimento empírico pela análise de dados.	modernas e impede o uso correto dos dados gerados pela IA na tomada de decisões.	acompanhar a mecanização avançada.
	Custo alto de capitalização, o que cria barreiras para o acesso de pequenos produtores.	Gera o risco de aumentar a desigualdade e a exclusão social.	O mercado de IA indica a necessidade de alto investimento inicial.

Fonte: Bolfe, 2021.

A análise dos dados da Tabela 2 demonstra que o fator humano apresenta-se como um gargalo crítico. A exigência por competências em gestão de dados contrasta severamente com os índices de analfabetismo funcional e com a precariedade da infraestrutura básica (energia e internet) em grande parte dos estabelecimentos familiares. Há um risco real de exclusão tecnológica para produtores que não dominam a interpretação de dados ou que não confiam na "caixa preta" da IA.

Diante disso, modelos de negócio inovadores, como o *Machine as a Service* (MaaS), surgem como alternativas estratégicas para democratizar o acesso, permitindo o uso de inovação de ponta sem a necessidade de posse do ativo. Em suma, conclui-se que o sucesso da IA na agricultura brasileira depende menos da evolução da engenharia e mais de políticas públicas estruturantes que resolvam os déficits de conectividade e educação, garantindo que a revolução digital seja inclusiva e não aprofunde a desigualdade no campo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao finalizar esta pesquisa, conclui-se que a entrada da automação e da inteligência artificial na mecanização agrícola brasileira não é apenas uma melhoria técnica, mas uma mudança completa na lógica de produção. O estudo mostrou que já foi superada a fase em que o foco era apenas ter tratores maiores e mais potentes; agora, o diferencial competitivo está na capacidade dessas máquinas de processar dados e tomar decisões sozinhas.

Ficou evidente, ao longo do levantamento bibliográfico, que a tecnologia necessária para aumentar a produtividade e, ao mesmo tempo, respeitar o meio ambiente, já existe e é confiável. O uso de robôs autônomos e sistemas inteligentes provou ser eficaz não só para colher mais, mas para gastar menos, seja economizando diesel ou aplicando defensivos apenas onde é estritamente necessário. Isso confirma que a eficiência econômica e a sustentabilidade podem, sim, andar juntas quando a ferramenta certa é utilizada.

No entanto, a pesquisa também revelou que existe uma distância grande entre o que a tecnologia permite fazer e a realidade de quem está no campo. Um dos pontos mais críticos observados foi a questão humana. De um lado, a automação é positiva por tirar o trabalhador de funções perigosas e exaustivas; por outro, ela exige um nível de qualificação que grande parte da mão de obra rural ainda não possui. O dado sobre o analfabetismo funcional é um alerta: de nada adianta ter uma máquina de ponta se o operador não consegue interpretar as informações que ela gera.

Além disso, percebe-se que a infraestrutura do país não evoluiu na mesma velocidade que as máquinas. É contraditório pensar em equipamentos que usam nuvem e *Big Data* operando em regiões onde sequer há sinal de internet ou energia elétrica estável. Essa falta de conectividade acaba criando um abismo, onde apenas os grandes produtores conseguem aproveitar os benefícios da IA, enquanto a agricultura familiar corre o risco de ficar tecnologicamente isolada.

Por fim, entende-se que o gargalo da mecanização agrícola no Brasil não é mais a engenharia, as máquinas já estão prontas. O verdadeiro desafio agora é estrutural e educacional. Para que essa revolução tecnológica dê certo e traga

benefícios para todo o setor, o foco dos próximos anos precisa sair um pouco do *hardware* e se voltar para a capacitação das pessoas e para a infraestrutura básica no campo.

REFERÊNCIAS

ASBRAN. **FAO revela demanda estimada por alimentos no mundo até 2050.**

ASBRAN, [s. l.], [s. d.]. Disponível em:

<https://www.asbran.org.br/noticias/816/fao-reve-demanda-estimada-por-alimentos-no-mundo-ate-2050>. Acesso em: 12 set. 2025.

BALAFOUTIS, A. T. **Precision agriculture technologies positively contributing to GHG emissions mitigation, farm productivity and economics.** 2017.

Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/318823695_Precision_Agriculture_Technologies_Positively_Contributing_to_GHG_Emissions_Mitigation_Farm_Productivity_and_Economics. Acesso em: 20 out. 2025.

BAYER CONO SUR. **Innovación y creatividad: las claves de la agricultura moderna.** Bayer Cono Sur, [s. l.], [s. d.]. Disponível em:

<https://www.conosur.bayer.com/es/innovacion-y-creatividad-las-claves-de-la-agricultura-moderna>. Acesso em: 10 ago. 2025.

BITTENCOURT, A. **Inteligência artificial na agricultura.** Agreoreceita, 2025.

Disponível em: <https://agoreceita.com.br/inteligencia-artificial-na-agricultura/>. Acesso em: 20 out. 2025.

BOLFE, E. L. et al. **Tendências, desafios e oportunidades para a agricultura digital no Brasil.** Campinas: Embrapa, 2021. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1138840/1/AP-Tendencias-desafios-oportunidades-2021.pdf>. Acesso em: 10 out. 2025.

BOLFE, É. L. **Tendências, desafios e oportunidades 2021.** Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1138840/1/AP-Tendencias-desafios-oportunidades-2021.pdf>. Acesso em: 10 out. 2025.

BRASIL. **Crescimento da economia brasileira é impulsionado pelo agro no primeiro trimestre.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2025.

Disponível em:

<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/crescimento-da-economia-brasileira-e-impulsionado-pelo-agro-no-primeiro-trimestre>. Acesso em: 10 out. 2025.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agricultura digital: GT3 Versão ABNT.** Disponível em:

<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/agricultura-digital/GT3VERSAOABNT.pdf>. Acesso em: 10 out. 2025.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agricultura digital: GT3 Versão ABNT.** 2025. Disponível em:

<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/agricultura-digital/GT3VERSAOABNT.pdf>. Acesso em: 20 out. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Crescimento da economia brasileira é impulsionado pelo agro no primeiro trimestre.** 2025.

Disponível em:

<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/crescimento-da-economia-brasileira-e-impulsionado-pelo-agro-no-primeiro-trimestre>. Acesso em: 10 out. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Grupo de Trabalho Agricultura Digital – GT3.** Disponível em:

<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/agricultura-digital/GT3VERSAOABNT.pdf>. Acesso em: 10 out. 2025.

CANAL RURAL. **Automação e IA geram economia em usina de cana em Mato Grosso.** MT Sustentável, ep. 40, 2025. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=cXhUse6hZ10>. Acesso em: 20 out. 2025.

CEBDS. **Qual o papel da inovação para superar os desafios das mudanças climáticas?** Disponível em:

<https://cebds.org/noticia/qual-o-papel-da-inovacao-para-superar-os-desafios-da-mudancas-climaticas/>. Acesso em: 15 out. 2025.

CNA – Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **PIB do agronegócio fecha 2024 com crescimento de 1,81%.** Disponível em:

<https://www.cnabrasil.org.br/noticias/pib-do-agronegocio-fecha-2024-com-crescimento-de-1-81>. Acesso em: 10 out. 2025.

COELHO, D. D. **Adoção de tecnologias digitais no campo: desafios e**

oportunidades. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Estadual Paulista – UNESP. Disponível em:
<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/09aa7fe1-10c0-4f6a-aed7-c16c048b9402/content>. Acesso em: 10 out. 2025.

COELHO, F. **Inteligência Artificial aplicada ao agronegócio**: uma revisão acerca dos resultados obtidos após sua implementação. Repositório UNESP. Disponível em:
<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/09aa7fe1-10c0-4f6a-aed7-c16c048b9402/content>. Acesso em: 10 out. 2025.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL – CNA. **PIB do agronegócio fecha 2024 com crescimento de 1,81%**. 2025. Disponível em:
<https://www.cnabrazil.org.br/noticias/pib-do-agronegocio-fecha-2024-com-crescimento-de-1-81>. Acesso em: 10 out. 2025.

EMBRAPA. **Ambitec-Agro – Software Ambitec-Agro**. 2002. Disponível em:
<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1422/ambitec-agro---software-ambitec-agro>. Acesso em: 20 out. 2025.

EMBRAPA. **Artigo – 20 de março: Dia Mundial da Agricultura**. Disponível em:
<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/79186267/artigo---20-de-marco-dia-mundial-da-agricultura>. Acesso em: 8 set. 2025.

EMBRAPA. **Visão de futuro**. Disponível em:
<https://www.embrapa.br/visao-de-futuro>. Acesso em: 21 nov. 2025.

FERNANDES, Tito Lívio Xavier et al. Determinantes da manutenção do emprego em tempos de Indústria 4.0: o caso da agropecuária no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 62, n. 4, p. e274589, 2024. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/resr/a/rwJdVVVdTtqmBthSKVtpJrp/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 nov. 2024.

GABARDO, G. et al. Diagnóstico técnico dos produtores rurais, sobre o uso correto e calibração de equipamentos pulverizadores visando a redução do risco ambiental causado por agrotóxicos. **IGNIS: Periódico Científico de Arquitetura e**

Urbanismo, Engenharias e Tecnologia de Informação, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.29327/223085.9.1-6>. Acesso em: 10 out. 2025.

GLOBORURAL. **Agronegócio e inteligência artificial: o Brasil na corrida por inovação**. Globo Rural, 2025. Disponível em: <https://globorural.globo.com/opiniao/vozes-do-agro/noticia/2025/09/agronegocio-e-inteligencia-artificial-o-brasil-na-corrída-por-inovacao.ghtml>. Acesso em: 10 out. 2025.

GABARDO, G.; KNECHT, G.; SANTOS, K.; DE FÁTIMA ESPERANÇA, C.; GUZI, V.; FOCHESSATTO, E. **Diagnóstico técnico dos produtores rurais sobre o uso correto e calibração de equipamentos pulverizadores visando à redução do risco ambiental causado por agrotóxicos**. IGNIS: Periódico Científico de Arquitetura e Urbanismo, Engenharias e Tecnologia de Informação, v. 9, n. 1, 2020. DOI: <https://doi.org/10.29327/223085.9.1-6>.

GLOBO RURAL. **Agronegócio e inteligência artificial: o Brasil na corrida por inovação**. Vozes do Agro, 2025. Disponível em: <https://globorural.globo.com/opiniao/vozes-do-agro/noticia/2025/09/agronegocio-e-inteligencia-artificial-o-brasil-na-corrída-por-inovacao.ghtml>. Acesso em: 10 out. 2025.

GLOBO RURAL. **Inteligência artificial e a transformação tecnológica da agricultura**. Vozes do Agro, 2023. Disponível em: <https://globorural.globo.com/opiniao/vozes-do-agro/noticia/2023/10/inteligencia-artificial-e-a-transformacao-tecnologica-da-agricultura.ghtml>. Acesso em: 20 out. 2025.

GRZYBOVSKI, D. Transformação digital em uma propriedade rural na região norte do Rio Grande do Sul: possibilidades e limitações. **Revista de Gestão**, Universidade Municipal de São Caetano do Sul. Disponível em: https://seer.uscs.edu.br/index.php/revista_gestao/article/download/8639/4212/35787. Acesso em: 20 out. 2025.

JACTO. **Arbus 4000 JAV**: Pulverizador autônomo Jacto. 2025. Disponível em: <https://jacto.com/brasil/products/pulverizador-autonomo/arbus-4000-jav>. Acesso em: 22 nov. 2025.

JOHN DEERE. **Agro**: guia para amantes de tecnologia. Sala de Imprensa John Deere, ago. 2023. Disponível em:
<https://www.deere.com.br/pt/a-nossa-empresa/not%C3%ADcias/sala-de-imprensa/2023/agosto/agro-guia-para-amantes-de-tecnologia/>. Acesso em: 20 out. 2025.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2003.

LIMA, O.; RCCHA, M. Produção de leite na agricultura familiar. **Revista Gestão, Inovação e Negócios**, v. 7, n. 1, p. 1-16, 2021. Disponível em:
<https://doi.org/10.37951/2447-8520.2021v7i1.p1-16>. Acesso em: 10 out. 2025.

LIMA, O.; RECHHA, M. Produção de leite na agricultura familiar. **Revista Gestão, Inovação e Negócios**, v. 7, n. 1, p. 1–16, 2021. DOI:
<https://doi.org/10.37951/2447-8520.2021v7i1.p1-16>.

MACEDO, N. D. **Iniciação à pesquisa bibliográfica**: guia do estudante para a fundamentação do trabalho de pesquisa. São Paulo: Edições Loyola, 1994.

MACIEL, V. **Ambitec-TICs**: Avaliação de impactos de tecnologias de informação e comunicação aplicadas à agropecuária. 2020. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/345257975_Ambitec-TICs_Avaliacao_de_impactos_de_tecnologias_de_informacao_e_comunicacao_aplicadas_a_agropecuaria. Acesso em: 20 out. 2025.

MENDES, C. I. C. et al. **Agricultura digital**. Campinas, SP: Embrapa Agricultura Digital, out. 2025. 4 p. Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1180748/1/FL-agricultura-digital-2025.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2025.

MENDES-MOREIRA, J.; ABREU FERREIRA, C.; DIAS, D. **Inteligência artificial na agricultura**. INESC TEC Science & Society, v. 1, n. 4, 2022. Disponível em:
<https://science-society.inesctec.pt/pt/index.php/inesctecesociedade/article/view/95>. Acesso em: 20 out. 2025.

MOLIN, J. P. **Agricultura de Precisão: O Gerenciamento da Variabilidade.**

Piracicaba: ESALQ/USP, 2003.

PESSÔA, Camila. **Demanda por alimentos deve crescer em maior ritmo que oferta na próxima década, segundo OCDE.** *CNN Brasil*, 2025. Disponível em:

<https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/demanda-por-alimentos-dev-e-crescer-em-maior-ritmo-que-oferta-na-proxima-decada-segundo-ocde/>. Acesso em: 15 out. 2025.

RETRATOS DE ASSENTAMENTOS. **Agriculturas e agricultura familiar no Brasil: uma revisão de literatura. Retratos de Assentamentos.** n. 332, p. –, [s. l.], [s. d.]. Disponível em:

Disponível em:

<https://retratosdeassentamentos.com/index.php/retratos/article/view/332/294>.

Acesso em: 10 set. 2025.

SANTOS, B. S. dos; SILVA, B. H. de O. Agricultura digital: desafio da conectividade no campo para o desenvolvimento da agricultura familiar. **Revista Mirante**,

Anápolis, v. 17, n. 2, p. 140-163, jun. 2024. Disponível em:

<https://www.revista.ueg.br/index.php/mirante/article/view/16190/11147>. Acesso em: 12 nov. 2024.

SEBRAE. **Estado atual da agricultura digital no Brasil.** 2025. Disponível em:

https://sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/RN/Anexos/Estado_atual_da_agricultura_digital_no_Brasil.pdf. Acesso em: 20 out. 2025.

SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Transformação tecnológica e aumento da produtividade no campo.** Disponível em:

<https://www.sistemafaemg.org.br/senar/noticias/transformacao-tecnologica-e-aumento-da-produtividade-no-campo>. Acesso em: 10 out. 2025.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL – SENAR. **Transformação tecnológica e aumento da produtividade no campo.** 2025. Disponível em:

<https://www.sistemafaemg.org.br/senar/noticias/transformacao-tecnologica-e-aumento-da-produtividade-no-campo>. Acesso em: 09 out. 2025.

SOLINFTEC. **Solinftec supera R\$1,3 BI em captações e planeja colocar cerca**

de 700 robôs Solix em campo até 2026. 2025. Disponível em:

<https://www.solinftec.com/pt-br/solinftec-supera-r-13-bi-em-captacoes-e-planeja-colo-car-cerca-de-700-robos-solix-em-campo-ate-2026/>. Acesso em: 20 nov. 2025.

SOLINFTEC. **SOLIX AG ROBOTICS.** 2025. Disponível em:

<https://www.solinftec.com/pt-br/alice-ai-solix-ag-robotics/>. Acesso em 20 nov. 2025.

THORN, J. **Explainable artificial intelligence.** Towards Data Science, 2020.

Disponível em:

<https://towardsdatascience.com/explainable-artificial-intelligence-14944563cc79/>.

Acesso em: 20 out. 2025.

VALADÃO, L.; DOPCKER, G. **Visão computacional na transformação para a agropecuária 4.0** - PwC Brasil. Disponível em:

<https://www.pwc.com.br/pt/consultoria/agtech-innovation/agtech-innovation-news/artigos/2022/visao-computacional-na-transformacao-para-a-agropecuaria-4-0.html>.

Acesso em: 11 out. 2025.

VALADÃO, L.; DOPCKER, G. **Visão computacional na transformação para a agropecuária 4.0.** PwC Brasil, 2022. Disponível em:

<https://www.pwc.com.br/pt/consultoria/agtech-innovation/agtech-innovation-news/artigos/2022/visao-computacional-na-transformacao-para-a-agropecuaria-4-0.html>.

Acesso em: 10 out. 2025.