

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, CONTABILIDADE E
ATUARIAIS
CURSO DE ADMINISTRAÇÃO

Joel Jhonatan Lucana Mamani

**O Impacto da Inteligência Artificial na Otimização de Processos e Tomada de
Decisão na Cadeia de Produção da Agrícola no Brasil: Um Estudo de Caso em
Empresas do Agronegócio**

São Paulo
2024

Joel Jhonatan Lucana Mamani

O Impacto da Inteligência Artificial na Otimização de Processos e Tomada de Decisão na Cadeia de Produção da Agrícola no Brasil: Um Estudo de Caso em Empresas do Agronegócio

Projeto de pesquisa apresentado ao Departamento de Administração, da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuariais, da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, como exigência parcial para elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso em Administração, orientado pelo Professor Alexandre Luzzi Las Casas.

São Paulo
2024

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho àqueles que foram pilares essenciais na construção desta conquista, desde meus amigos mais antigos, até minha falecida avó, que me auxiliou e me motivou desde o início a buscar um meio de cursar a graduação. A todos, não apenas pela contribuição prática, mas pelo impacto que tiveram em minha vida e formação como indivíduo.

Aos meus pais, cuja força, motivação e valores foram e sempre serão a base da minha trajetória. Aos professores que foram fundamentais para a construção de novos pensamentos e que nunca mediram esforços para garantir que eu tivesse acesso ao conhecimento e às oportunidades, minha eterna gratidão.

À minha família, pelo carinho genuíno, pela paciência nos momentos mais desafiadores e pela celebração de cada pequena vitória. A união e colaboração dentro de casa e na convivência que contribuiu e incentivou a minha jornada na graduação.

Aos meus amigos, verdadeiros companheiros de jornada, que compreenderam minhas ausências, compartilharam meus dilemas e vibraram por cada passo dado. A lealdade e o apoio de vocês foram fundamentais para eu seguir em frente.

Que este trabalho não seja apenas o marco de uma conquista pessoal, mas também uma forma de honrar todos aqueles que fizeram parte da minha história e acreditaram no meu potencial como estudante e profissional.

RESUMO

Este trabalho analisa o impacto da Inteligência Artificial (IA) na otimização de processos e na tomada de decisão na cadeia de produção agrícola no Brasil. Por meio de uma revisão bibliográfica e um estudo de caso, foram exploradas as principais ferramentas, como aprendizado de máquina, visão computacional e Internet das Coisas (IoT), bem como seus benefícios para a produtividade, sustentabilidade e competitividade do agronegócio brasileiro. Os resultados indicam que a IA tem potencial para aumentar a eficiência, reduzir custos e promover práticas agrícolas mais sustentáveis. No entanto, desafios como a falta de infraestrutura tecnológica, altos custos de implementação e resistência cultural limitam sua adoção. A pesquisa reforça a importância de investimentos em conectividade rural, capacitação e políticas públicas para superar essas barreiras e consolidar o Brasil como líder global na aplicação de IA no agronegócio.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Agronegócio; Agricultura 4.0; Sustentabilidade; Produtividade.

ABSTRACT

This study analyzes the impact of Artificial Intelligence (AI) on process optimization and decision-making in the agricultural production chain in Brazil. Through a literature review and a case study, the main tools, such as machine learning, computer vision, and the Internet of Things (IoT), were explored, as well as their benefits for the productivity, sustainability, and competitiveness of Brazilian agribusiness. The results indicate that AI has the potential to increase efficiency, reduce costs, and promote more sustainable agricultural practices. However, challenges such as the lack of technological infrastructure, high implementation costs, and cultural resistance limit its adoption. The research highlights the importance of investments in rural connectivity, training, and public policies to overcome these barriers and position Brazil as a global leader in the application of AI in agribusiness.

Keywords: Artificial Intelligence; Agribusiness; Agriculture 4.0; Sustainability; Productivity.

LISTA DE ABREVIATURAS

IA - Inteligência Artificial

IoT - Internet das Coisas (*Internet of Things*)

ML - Aprendizado de Máquina (*Machine Learning*)

SciELO - Scientific Electronic Library Online

USA - Estados Unidos (*United States of America*)

AgTech - Tecnologia para o Agronegócio (*Agricultural Technology*)

GDP - Produto Interno Bruto (*Gross Domestic Product*)

UN - Organização das Nações Unidas (*United Nations*)

R&D - Pesquisa e Desenvolvimento (*Research and Development*)

AI - Artificial Intelligence (*Inteligência Artificial*)

IoT - Internet of Things (*Internet das Coisas*)

AgTechs - Agricultural Technologies (*Startups tecnológicas no agronegócio*)

Blockchain - Tecnologia de Cadeia de Blocos

ICT - Tecnologia da Informação e Comunicação (*Information and Communication Technology*)

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Impactos da IA na Produtividade Agrícola.....	22
Tabela 2 - Desafios Enfrentados e Soluções Implementadas.....	22

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 Inteligência Artificial (IA)	12
2.2 Agricultura 4.0	13
2.3 Tomada de Decisão no Agronegócio	14
2.4 Sustentabilidade no Agronegócio	16
2.5 Desafios para a Adoção de IA	17
3 METODOLOGIA	19
4 RESULTADOS	20
Tabela 1 - Impactos da IA na Produtividade Agrícola	22
Tabela 2 - Desafios Enfrentados e Soluções Implementadas	22
5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE DADOS	24
5.1 Ferramentas e Técnicas Utilizadas	24
5.2 Impactos na Produtividade e Sustentabilidade	25
5.3 Desafios e Soluções	26
5.4 Comparação com Outros Países	28
6 CONCLUSÃO	31
REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro ocupa uma posição de destaque global, sendo um dos principais motores da economia nacional. O setor não apenas sustenta milhões de empregos, mas também garante a segurança alimentar de populações ao redor do mundo, consolidando o Brasil como um dos maiores exportadores de commodities agrícolas, como soja, milho, café e cana-de-açúcar. Esse cenário coloca o país em um papel estratégico no contexto de um mercado agrícola global cada vez mais competitivo, onde inovações tecnológicas se tornam indispensáveis para atender às demandas crescentes por eficiência e sustentabilidade.

A emergência da chamada Agricultura 4.0, caracterizada pela incorporação de tecnologias avançadas como Internet das Coisas (IoT), drones, sensores e Inteligência Artificial (IA), tem revolucionado as práticas agrícolas. A IA, em particular, se destaca por sua capacidade de transformar dados em informações acionáveis, permitindo o monitoramento em tempo real, a previsão de condições climáticas e o manejo eficiente de recursos. Essas aplicações têm o potencial de promover uma verdadeira revolução nos processos produtivos, impactando desde o preparo do solo até a comercialização dos produtos.

Apesar de seu grande potencial, a adoção da IA no agronegócio brasileiro ainda é limitada, especialmente entre pequenos e médios produtores. Enquanto grandes empresas e startups AgTechs começam a explorar essas ferramentas para otimizar operações e reduzir custos, o setor enfrenta barreiras significativas, como a falta de infraestrutura digital, o alto custo de implementação e a escassez de mão de obra qualificada.

A aplicação de Inteligência Artificial no agronegócio é uma solução promissora para superar desafios históricos do setor, como o desperdício de recursos naturais, a baixa previsibilidade de safras e os impactos ambientais decorrentes de práticas agrícolas convencionais. Tecnologias baseadas em IA possibilitam a coleta e análise de grandes volumes de dados, identificando padrões e gerando insights que otimizam o uso de insumos, aumentam a produtividade e reduzem os custos operacionais.

Além disso, a IA desempenha um papel essencial na mitigação dos impactos das mudanças climáticas, permitindo maior resiliência frente a eventos climáticos extremos e ajudando a preservar a sustentabilidade dos recursos naturais. No Brasil, onde o agronegócio contribui significativamente para o Produto Interno Bruto (PIB) e

para a balança comercial, o uso eficiente dessa tecnologia tem o potencial de reforçar a posição estratégica do país no mercado global.

A relevância acadêmica deste estudo também é evidente. A pesquisa sobre a aplicação de IA no agronegócio ainda é incipiente no Brasil, com poucos estudos de caso detalhados disponíveis. Este trabalho busca preencher essa lacuna, contribuindo com informações práticas e teóricas que podem servir como base para futuras pesquisas e inovações no setor.

Apesar das oportunidades oferecidas pela Inteligência Artificial, a adoção dessa tecnologia no agronegócio brasileiro enfrenta desafios expressivos. Como garantir que a implementação da IA seja acessível a produtores de diferentes portes? Quais são os impactos concretos dessa tecnologia na cadeia produtiva agrícola e como esses impactos podem ser mensurados? Que barreiras técnicas, econômicas e culturais precisam ser superadas para que a IA seja amplamente adotada no setor?

Estas questões se tornam ainda mais críticas no contexto da agricultura de precisão, onde a capacidade de coletar, analisar e agir com base em dados é essencial para obter vantagens competitivas. A dificuldade em integrar ferramentas de IA com sistemas agrícolas existentes e a falta de conhecimento técnico entre os usuários finais também representam obstáculos significativos. Além disso, a ausência de estudos específicos sobre o impacto da IA no agronegócio brasileiro dificulta a formulação de políticas públicas e estratégias empresariais eficazes.

Este trabalho é justificado pela necessidade de compreender e explorar o potencial transformador da IA no agronegócio, um dos setores mais estratégicos para a economia brasileira. A pesquisa tem relevância prática, ao identificar as melhores práticas e soluções para a implementação da IA, e acadêmica, ao contribuir para a base teórica de um campo ainda pouco explorado no Brasil.

Este estudo busca fornecer subsídios para agricultores, empresas e formuladores de políticas públicas que desejam entender e adotar a IA como uma ferramenta estratégica. Ao explorar casos de sucesso e mapear os desafios enfrentados, a pesquisa pretende fomentar a democratização do acesso à tecnologia no campo, promovendo inovação e competitividade no agronegócio nacional.

O principal objetivo deste estudo é analisar o impacto da Inteligência Artificial na otimização de processos e na tomada de decisão na cadeia de produção agrícola no Brasil, com ênfase em empresas do agronegócio que atuam na produção de commodities como soja, milho, café e cana-de-açúcar. Para alcançar esse objetivo, busca-se identificar as principais ferramentas e técnicas de Inteligência Artificial

utilizadas no agronegócio brasileiro, além de investigar como essa tecnologia contribui para a tomada de decisões estratégicas, como planejamento de safra e previsão de demandas, e operacionais, como manejo de pragas e irrigação.

O estudo visa avaliar os desafios e barreiras enfrentados pelas empresas do setor na implementação de soluções baseadas em IA, considerando fatores como custo, complexidade e integração com sistemas existentes, bem como a necessidade de treinamento de pessoal. Por fim, pretende-se mapear os impactos concretos da Inteligência Artificial no agronegócio, destacando sua contribuição para a eficiência produtiva, a redução de custos operacionais e a promoção da sustentabilidade nas práticas agrícolas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Inteligência Artificial (IA)

A Inteligência Artificial (IA) é um campo da ciência da computação que busca criar sistemas capazes de realizar tarefas que tradicionalmente exigiriam inteligência humana, como aprendizado, raciocínio, percepção e tomada de decisão. John McCarthy, pioneiro no estudo da IA, define-a como "a ciência e a engenharia de fazer máquinas inteligentes, especialmente programas de computador inteligentes" (MCCARTHY, 2007). A IA baseia-se em algoritmos e modelos matemáticos que permitem aos computadores processar grandes volumes de dados, identificar padrões complexos e oferecer respostas ou soluções de maneira autônoma. Sua aplicação em diversas áreas tem transformado setores econômicos e sociais, proporcionando maior eficiência e precisão nas operações (MCCARTHY, 2007).

No contexto do agronegócio, a IA desempenha um papel central na chamada Agricultura 4.0, que integra tecnologias digitais para aumentar a produtividade e a sustentabilidade. Essas tecnologias permitem o monitoramento em tempo real das condições agrícolas, bem como a análise preditiva de eventos como pragas, mudanças climáticas e produtividade das safras. Assim, a IA não apenas melhora os processos operacionais, mas também possibilita uma gestão mais estratégica e baseada em dados (BARBOSA et al., 2022).

Uma das principais ferramentas de IA aplicáveis ao agronegócio é o aprendizado de máquina (Machine Learning - ML). Essa tecnologia utiliza algoritmos para analisar grandes quantidades de dados e aprender padrões a partir deles, sem a necessidade de programação explícita. No setor agrícola, o aprendizado de máquina é amplamente empregado para prever a produtividade de culturas, identificar doenças em plantas e otimizar o uso de insumos, como fertilizantes e água. Por exemplo, modelos preditivos baseados em aprendizado de máquina permitem que agricultores tomem decisões antecipadas, reduzindo desperdícios e aumentando a eficiência produtiva (ALMEIDA; MARTINS, 2022).

Outra ferramenta importante é a visão computacional, que permite que máquinas interpretem e analisem informações visuais, como imagens de satélite ou capturas de drones. No agronegócio, a visão computacional é usada para monitorar plantações, detectar pragas ou doenças em estágios iniciais e avaliar a qualidade das colheitas. Essa tecnologia fornece dados detalhados e em tempo real, permitindo intervenções mais rápidas e precisas. Por exemplo, sensores acoplados a drones

podem mapear áreas inteiras de cultivo, identificando regiões que necessitam de cuidados específicos (GOMES; BATISTA, 2023).

Além disso, a Internet das Coisas (IoT) é uma tecnologia complementar à IA que potencializa sua aplicação no agronegócio. A IoT conecta dispositivos inteligentes, como sensores de solo e estações meteorológicas, que coletam dados em tempo real sobre condições ambientais e os enviam para plataformas baseadas em IA. Esses dados são analisados para otimizar processos agrícolas, como irrigação automatizada ou ajustes no uso de pesticidas. A integração de IoT e IA possibilita um gerenciamento mais eficiente e sustentável dos recursos naturais, promovendo uma agricultura de precisão (BARROS; FERNANDES, 2023).

2.2 Agricultura 4.0

A Agricultura 4.0, também conhecida como a quarta revolução agrícola, é caracterizada pela integração de tecnologias digitais e ferramentas avançadas que transformam todas as etapas da produção agrícola, desde o preparo do solo até a comercialização dos produtos. Essa abordagem visa aumentar a eficiência produtiva, otimizar o uso de recursos naturais e promover práticas agrícolas sustentáveis. Diferentemente das revoluções anteriores, que introduziram mecanização e produtos químicos, a Agricultura 4.0 se baseia na digitalização e automação de processos, utilizando dados em tempo real para tomada de decisões. Essa mudança permite que agricultores gerenciem suas propriedades com maior precisão e reduzam o impacto ambiental de suas atividades (CASTRO; RIBEIRO, 2023).

Os benefícios da Agricultura 4.0 são numerosos e abrangem tanto aspectos econômicos quanto ambientais. No âmbito econômico, a utilização de tecnologias como Inteligência Artificial (IA) e Internet das Coisas (IoT) permite reduzir custos operacionais, diminuir o desperdício de insumos e aumentar a produtividade por hectare. No contexto ambiental, a Agricultura 4.0 contribui para a sustentabilidade ao otimizar o uso de recursos como água e fertilizantes, além de minimizar o uso de defensivos agrícolas. Adicionalmente, a digitalização facilita a rastreabilidade de toda a cadeia produtiva, aumentando a transparência e a segurança alimentar (BARBOSA et al., 2022).

Entre as tecnologias emergentes que compõem a Agricultura 4.0, a Inteligência Artificial (IA) desempenha um papel central, auxiliando na análise de dados coletados por sensores e dispositivos conectados. Essa tecnologia possibilita prever condições climáticas, estimar safras e identificar anomalias nas plantações. Por exemplo,

algoritmos de aprendizado de máquina são usados para monitorar a saúde das plantas e prever a incidência de pragas, permitindo intervenções antecipadas e assertivas (ALMEIDA; MARTINS, 2022).

Outra tecnologia essencial é a Internet das Coisas (IoT), que conecta dispositivos inteligentes para coletar e transmitir dados em tempo real. Sensores de solo, drones e estações meteorológicas são exemplos de dispositivos IoT amplamente utilizados no agronegócio. Esses equipamentos fornecem informações detalhadas sobre umidade, temperatura e qualidade do solo, que, quando combinadas com a análise de IA, otimizam práticas como irrigação e fertilização. A IoT também facilita o gerenciamento remoto de propriedades, permitindo que agricultores monitorem suas terras a distância (BARROS; FERNANDES, 2023).

Além disso, tecnologias como drones e visão computacional têm revolucionado o mapeamento e o monitoramento agrícola. Drones equipados com câmeras de alta resolução capturam imagens detalhadas das plantações, permitindo que agricultores identifiquem rapidamente áreas problemáticas. A visão computacional, por sua vez, analisa essas imagens para detectar pragas, doenças e deficiências nutricionais nas plantas. Essa integração de tecnologias permite uma gestão mais precisa e eficiente, reduzindo custos e melhorando o rendimento das culturas (GOMES; BATISTA, 2023).

A utilização de blockchain no agronegócio está se tornando uma tendência significativa, especialmente no que diz respeito à rastreabilidade de produtos. Essa tecnologia garante a transparência em todas as etapas da cadeia produtiva, desde a origem até o consumidor final. A combinação de blockchain com outras tecnologias da Agricultura 4.0 oferece maior confiança ao mercado e abre novas oportunidades para exportação, especialmente para mercados que exigem altos padrões de segurança e sustentabilidade (CARDOSO; MOTA, 2023).

2.3 Tomada de Decisão no Agronegócio

A Inteligência Artificial (IA) tem desempenhado um papel central na transformação das práticas de tomada de decisão no agronegócio, tanto em nível estratégico quanto operacional. Em um cenário onde a eficiência e a sustentabilidade são essenciais, a IA permite que agricultores e gestores tenham acesso a análises avançadas de grandes volumes de dados, que antes eram inacessíveis ou subutilizados. Na esfera estratégica, a IA é aplicada para planejar safras, prever demandas de mercado e determinar o momento ideal para comercialização. Esses insights são gerados por meio de algoritmos preditivos que integram informações de

múltiplas fontes, como dados climáticos, históricos de produção e tendências de mercado, ajudando a reduzir riscos e a maximizar lucros (BARBOSA et al., 2022).

No nível operacional, a IA auxilia no manejo eficiente de pragas, irrigação, fertilização e colheita. Por exemplo, sistemas baseados em IA podem identificar anomalias em plantações, como a presença de pragas ou doenças, e sugerir intervenções direcionadas, reduzindo o uso excessivo de pesticidas. Além disso, ferramentas automatizadas permitem o monitoramento contínuo das condições agrícolas, otimizando o uso de recursos naturais e melhorando a produtividade. Essa integração entre estratégia e operação torna o agronegócio mais resiliente e competitivo, especialmente em um mercado global que exige eficiência e sustentabilidade (PEREIRA; LIMA, 2023).

A capacidade da IA de realizar previsões precisas é um dos seus maiores benefícios no agronegócio. Modelos baseados em aprendizado de máquina analisam dados históricos e em tempo real para prever o rendimento das safras, estimar a necessidade de irrigação e antecipar eventos climáticos extremos, como secas ou enchentes. Essas previsões permitem que os agricultores tomem decisões antecipadas e evitem perdas significativas. Por exemplo, ao prever um período de estiagem, sistemas de IA podem sugerir ajustes nos cronogramas de irrigação para garantir a saúde das culturas e minimizar o desperdício de água (ALMEIDA; MARTINS, 2022).

Além disso, a IA contribui significativamente para o manejo eficiente de recursos, como água, fertilizantes e defensivos agrícolas. A análise de dados coletados por sensores de solo e drones permite a aplicação precisa de insumos, reduzindo desperdícios e custos operacionais. Tecnologias como visão computacional são utilizadas para mapear plantações e identificar áreas que necessitam de mais atenção, otimizando o uso de recursos. Essa abordagem não apenas melhora o rendimento por hectare, mas também promove práticas agrícolas mais sustentáveis, alinhando-se aos objetivos de desenvolvimento sustentável (GOMES; BATISTA, 2023).

Outro benefício significativo da IA é a sua capacidade de aumentar a resiliência do agronegócio frente às mudanças climáticas. Ao integrar dados meteorológicos com informações do solo e da planta, sistemas inteligentes oferecem recomendações adaptativas para os agricultores, ajudando-os a lidar com condições climáticas adversas e a garantir a estabilidade da produção. Essa combinação de previsões precisas e manejo eficiente de recursos torna o agronegócio mais preparado para

enfrentar os desafios de um mundo em constante transformação (BARROS; FERNANDES, 2023).

2.4 Sustentabilidade no Agronegócio

A sustentabilidade é um dos pilares fundamentais do agronegócio moderno, especialmente em um contexto global de escassez de recursos e crescentes preocupações ambientais. A Inteligência Artificial (IA) tem se destacado como uma ferramenta poderosa para promover práticas agrícolas mais sustentáveis, permitindo o uso mais eficiente de insumos e a redução de impactos negativos ao meio ambiente. Por meio de análises avançadas de dados, a IA ajuda os agricultores a monitorar o uso de recursos como água, fertilizantes e pesticidas, otimizando sua aplicação apenas onde e quando necessário. Isso não apenas reduz o desperdício, mas também minimiza a contaminação ambiental, contribuindo para a preservação de solos e corpos d'água (ALMEIDA; MARTINS, 2022).

Além disso, a IA tem um papel crucial na redução de emissões de carbono e na promoção de práticas agrícolas que sequestram carbono. Sistemas baseados em aprendizado de máquina podem identificar técnicas de manejo do solo que aumentam a retenção de carbono, enquanto sensores IoT monitoram as condições ambientais para ajustar o uso de máquinas agrícolas de forma a minimizar o consumo de combustível. Esses avanços tornam o agronegócio mais alinhado às metas globais de redução de emissões de gases de efeito estufa, promovendo um equilíbrio entre produção e preservação ambiental (BARROS; FERNANDES, 2023).

Outra contribuição significativa da IA para a sustentabilidade é sua capacidade de mitigar os efeitos das mudanças climáticas. Por meio da integração de dados climáticos em tempo real, a IA permite que os agricultores adaptem suas práticas agrícolas às condições climáticas variáveis, como períodos de seca ou excesso de chuvas. Essa capacidade de prever e responder a eventos climáticos extremos é essencial para garantir a resiliência das culturas e a segurança alimentar, especialmente em regiões vulneráveis. Além disso, o uso de IA na agricultura de precisão ajuda a reduzir o impacto ambiental ao limitar o uso excessivo de recursos e proteger a biodiversidade local (GOMES; BATISTA, 2023).

A rastreabilidade também é uma área onde a IA contribui diretamente para a sustentabilidade no agronegócio. Tecnologias como blockchain, combinadas com algoritmos de IA, permitem que consumidores tenham acesso a informações detalhadas sobre a origem dos produtos, incluindo as práticas agrícolas empregadas.

Isso incentiva os agricultores a adotarem métodos mais sustentáveis, ao mesmo tempo em que oferece ao mercado uma garantia de conformidade com padrões ambientais e sociais. Esse nível de transparência fortalece a confiança dos consumidores e impulsiona a adoção de práticas mais responsáveis em toda a cadeia de produção (CARDOSO; MOTA, 2023).

A aplicação da IA também possibilita a redução de perdas na cadeia produtiva, outro fator crucial para a sustentabilidade. Sistemas inteligentes são capazes de prever problemas de armazenamento e transporte, reduzindo o desperdício de alimentos. Além disso, a análise preditiva ajuda a alinhar a produção com a demanda de mercado, evitando excessos e otimizando o uso dos recursos disponíveis. Ao reduzir desperdícios e melhorar a eficiência geral, a IA promove um agronegócio mais sustentável e economicamente viável, atendendo às necessidades das gerações atuais sem comprometer os recursos para o futuro (MELO; COSTA, 2023).

2.5 Desafios para a Adoção de IA

Embora a Inteligência Artificial (IA) tenha potencial para transformar o agronegócio, sua adoção enfrenta diversas barreiras que limitam seu alcance, especialmente em regiões onde o setor ainda depende de métodos tradicionais. Entre as barreiras tecnológicas, a principal dificuldade é a falta de infraestrutura digital em áreas rurais. Muitos agricultores não têm acesso a conexões estáveis de internet, que são essenciais para operar sistemas baseados em IA e coletar dados em tempo real. Além disso, a integração de tecnologias como sensores IoT e drones requer investimentos significativos em equipamentos especializados, que muitas vezes não estão disponíveis para pequenos e médios produtores. Essa lacuna tecnológica prejudica a democratização do acesso à IA, criando um cenário de desigualdade entre grandes empresas e pequenos agricultores (BARROS; FERNANDES, 2023).

No âmbito econômico, os altos custos de implementação de soluções de IA representam um desafio significativo. O desenvolvimento e a personalização de algoritmos, a aquisição de dispositivos tecnológicos avançados e os custos de manutenção são frequentemente inacessíveis para agricultores de menor porte. Além disso, muitas vezes, os benefícios econômicos da IA não são imediatamente perceptíveis, o que dificulta a justificativa do investimento inicial. Isso é agravado pela falta de linhas de crédito específicas para a adoção de tecnologias no agronegócio, o que torna o acesso à IA ainda mais restrito. Sem apoio financeiro adequado, muitos

produtores não conseguem implementar essas ferramentas, perpetuando práticas menos eficientes e sustentáveis (CARVALHO; SILVA, 2023).

A resistência cultural também desempenha um papel relevante nos desafios de adoção da IA no agronegócio. Muitos agricultores, especialmente os de gerações mais antigas, desconfiam das tecnologias digitais e preferem confiar em métodos tradicionais de cultivo e manejo. Essa resistência é alimentada pela falta de conhecimento sobre os benefícios da IA e pela percepção de que sua implementação é complexa e desafiadora. Além disso, a ausência de treinamento e capacitação para o uso de ferramentas de IA cria uma barreira adicional, já que muitos agricultores e gestores não se sentem confiantes em utilizar essas tecnologias no dia a dia. Essa lacuna de conhecimento torna a introdução da IA ainda mais lenta, especialmente em regiões onde o acesso à educação tecnológica é limitado (SANTOS; BARBOSA, 2022).

Outro desafio cultural está relacionado à colaboração entre diferentes atores do agronegócio. A adoção eficaz da IA exige uma mudança na mentalidade de agricultores, cooperativas e empresas, promovendo uma cultura orientada a dados. No entanto, essa mudança cultural não ocorre de forma imediata, exigindo esforços significativos para educar e engajar os diferentes participantes da cadeia produtiva. A falta de programas estruturados para disseminar o conhecimento sobre IA e suas aplicações no agronegócio dificulta a criação de um ambiente favorável para sua implementação (LIMA; GONÇALVES, 2023).

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo combinou revisão bibliográfica e estudo de caso para investigar o impacto da Inteligência Artificial no agronegócio brasileiro. A revisão bibliográfica foi conduzida em bases de dados como Google Acadêmico, SciELO, PubMed e bibliotecas virtuais, utilizando critérios de seleção que incluíram artigos, livros, teses e sites relacionados ao tema. Os dados foram tabulados e analisados, permitindo uma compreensão abrangente das ferramentas e técnicas aplicadas ao setor. Complementarmente, foi realizado um estudo de caso envolvendo empresas do agronegócio que já utilizam IA, com o objetivo de identificar os resultados obtidos, os desafios enfrentados e as soluções implementadas. Essa abordagem permitiu uma análise detalhada e contextualizada sobre a integração da IA na cadeia produtiva agrícola no Brasil.

4 RESULTADOS

Este estudo buscou analisar o impacto da Inteligência Artificial (IA) na otimização de processos e na tomada de decisão na cadeia de produção agrícola no Brasil, abordando as contribuições dessa tecnologia para a produtividade, sustentabilidade e gestão estratégica do agronegócio. A pesquisa foi estruturada em diferentes etapas, começando pela fundamentação teórica que apresentou as definições, conceitos fundamentais e ferramentas relacionadas à IA. Em seguida, foram exploradas as características da Agricultura 4.0, a importância da tomada de decisão informada, as contribuições da IA para práticas agrícolas sustentáveis e os desafios enfrentados para sua adoção. Com base na revisão de literatura e nas análises realizadas, os resultados obtidos demonstram uma ampla gama de impactos e implicações para o agronegócio brasileiro.

O capítulo inicial, dedicado às definições e conceitos fundamentais da IA, destacou como essa tecnologia evoluiu para se tornar uma ferramenta indispensável em diversas indústrias, incluindo o agronegócio. A análise das ferramentas aplicáveis, como aprendizado de máquina, visão computacional e IoT, revelou que essas tecnologias não apenas otimizam o uso de recursos, mas também aprimoram a precisão e a velocidade das operações agrícolas. Estudos analisados, como os de Almeida e Martins (2022), apontaram que a IA permite identificar padrões e antecipar problemas em plantações, resultando em ações mais rápidas e eficazes. Comparando-se os conceitos de aprendizado de máquina e visão computacional, constatou-se que ambos são complementares e fundamentais para a transformação digital no campo. Enquanto o aprendizado de máquina foca na análise preditiva e na geração de insights, a visão computacional fornece dados visuais que são cruciais para o monitoramento detalhado das culturas.

O aprofundamento na Agricultura 4.0 revelou que essa abordagem vai além da simples automação, promovendo a integração de tecnologias avançadas para melhorar a eficiência produtiva e a sustentabilidade. Os estudos de Barros e Fernandes (2023) destacaram que o uso de sensores IoT e drones, combinados com sistemas de IA, permite um gerenciamento mais preciso e em tempo real das propriedades agrícolas. Essa integração tecnológica tem impacto direto na redução de desperdícios e na otimização do uso de recursos naturais. Em termos comparativos, enquanto a automação tradicional foca em aumentar a capacidade produtiva, a Agricultura 4.0 amplia essa perspectiva ao incorporar análises preditivas

e soluções orientadas por dados, tornando o processo agrícola mais inteligente e sustentável.

No capítulo sobre a tomada de decisão no agronegócio, os resultados evidenciaram como a IA transforma a gestão estratégica e operacional. A análise de Barbosa et al. (2022) demonstrou que a IA melhora significativamente a capacidade de previsão de safras, identificação de pragas e planejamento de recursos. Em termos operacionais, ferramentas baseadas em IA oferecem soluções específicas para problemas locais, como a detecção precoce de doenças em plantações. A comparação entre a tomada de decisão tradicional e aquela suportada por IA revelou um impacto substancial: enquanto a primeira se baseia em experiências e observações subjetivas, a segunda utiliza dados concretos e análises detalhadas, permitindo maior assertividade e redução de riscos.

Quanto à sustentabilidade, o estudo mostrou que a IA desempenha um papel crucial na promoção de práticas agrícolas mais sustentáveis. Estudos de Gomes e Batista (2023) destacaram que a aplicação de IA permite reduzir significativamente o uso de insumos como água, fertilizantes e defensivos agrícolas, minimizando o impacto ambiental. Além disso, tecnologias como aprendizado de máquina foram apontadas como essenciais para mitigar os efeitos das mudanças climáticas, promovendo maior resiliência às condições adversas. Ao relacionar os benefícios da sustentabilidade com a produtividade, constatou-se que práticas mais sustentáveis não apenas contribuem para o meio ambiente, mas também aumentam a eficiência e a rentabilidade dos agricultores, gerando um impacto positivo em toda a cadeia produtiva.

Os desafios para a adoção de IA, abordados no último capítulo, demonstraram ser um dos principais entraves para a democratização dessa tecnologia no agronegócio brasileiro. As barreiras tecnológicas, como a falta de infraestrutura digital em áreas rurais, foram amplamente documentadas por Barros e Fernandes (2023). Além disso, a análise de Carvalho e Silva (2023) evidenciou que o alto custo de implementação e a resistência cultural entre agricultores dificultam a disseminação da IA, especialmente entre pequenos e médios produtores. A comparação entre esses desafios revelou que, enquanto as barreiras tecnológicas e econômicas podem ser superadas com políticas públicas e incentivos financeiros, a resistência cultural exige mudanças mais profundas, incluindo programas de capacitação e maior disseminação do conhecimento sobre os benefícios da IA.

Tabela 1 - Impactos da IA na Produtividade Agrícola

Impactos	Descrição
Aumento do rendimento por hectare	A utilização de IA permite um planeamento mais eficiente do plantio, resultando em maior produtividade.
Identificação precoce de pragas e doenças	Sistemas de visão computacional identificam problemas antes que se tornem críticos, reduzindo perdas.
Otimização do uso de insumos	Sensores e IA otimizam a aplicação de fertilizantes e pesticidas, economizando recursos.
Melhoria na previsão de safras	Modelos preditivos ajudam agricultores a planejar com mais precisão as colheitas.

A Tabela 1 destaca os principais benefícios observados com o uso da Inteligência Artificial (IA) no agronegócio. A IA aumenta o rendimento por hectare ao otimizar o planeamento do plantio, identificando os melhores períodos e técnicas. Além disso, com sistemas de visão computacional, é possível detectar pragas e doenças precocemente, evitando perdas significativas. Outro impacto relevante é a otimização do uso de insumos como fertilizantes e pesticidas, reduzindo custos e impactos ambientais. Por fim, modelos preditivos melhoram a precisão das previsões de safras, permitindo que os agricultores planejem colheitas e atendam demandas de forma mais eficiente.

Tabela 2 - Desafios Enfrentados e Soluções Implementadas

Desafios	Soluções Implementadas
Falta de infraestrutura tecnológica	Investimentos em redes privadas de internet e uso de satélites.
Altos custos de implementação	Modelos de assinatura e parcerias com startups para reduzir custos.
Resistência cultural	Capacitação de agricultores e uso de exemplos práticos de sucesso.

Falta de dados estruturados	Desenvolvimento de plataformas para coleta e armazenamento de dados no campo.
-----------------------------	---

A Tabela 2 apresenta os principais desafios para a adoção de IA no agronegócio brasileiro e as soluções desenvolvidas para enfrentá-los. A falta de infraestrutura tecnológica é superada por investimentos em redes privadas e conectividade via satélite. Para lidar com os altos custos de implementação, modelos de assinatura e parcerias com startups têm sido criados, tornando as tecnologias mais acessíveis. A resistência cultural, comum entre agricultores mais conservadores, é abordada por meio de capacitação e demonstrações práticas dos benefícios da IA. Finalmente, a falta de dados estruturados é resolvida com o desenvolvimento de plataformas que facilitam a coleta e o armazenamento de informações diretamente no campo. Essas iniciativas mostram como o setor vem superando barreiras para se modernizar e integrar tecnologias digitais.

De forma integrada, os resultados deste estudo apontam para um cenário em que a IA tem potencial para transformar o agronegócio em um setor mais eficiente, sustentável e competitivo. No entanto, para que isso seja plenamente alcançado, é necessário superar os desafios existentes e promover uma maior integração entre tecnologia, gestão e políticas públicas. A análise comparativa entre os conceitos, características e impactos discutidos ao longo do trabalho mostrou que, apesar das barreiras, os benefícios da IA superam os desafios, oferecendo um caminho claro para a evolução do setor agrícola brasileiro. Dessa forma, conclui-se que a adoção da IA, se bem planejada e implementada, pode não apenas atender às demandas atuais, mas também preparar o agronegócio brasileiro para os desafios do futuro.

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE DADOS

5.1 Ferramentas e Técnicas Utilizadas

A aplicação de ferramentas e técnicas de Inteligência Artificial (IA) no agronegócio brasileiro tem se intensificado, contribuindo para a otimização de processos em diversas etapas da cadeia produtiva. Desde o plantio até a comercialização, a integração da IA tem promovido maior eficiência, sustentabilidade e competitividade no setor.

Uma das principais tecnologias utilizadas no Brasil é o aprendizado de máquina, que analisa grandes volumes de dados para identificar padrões e prever tendências. Plataformas específicas aplicam essa técnica para processar dados meteorológicos, do solo e das culturas, fornecendo recomendações automatizadas para decisões como plantio, irrigação e uso de defensivos agrícolas. Isso tem resultado em custos operacionais reduzidos e maior produtividade das lavouras.

A visão computacional é outra técnica amplamente utilizada, especialmente para monitoramento de plantações. Imagens capturadas por drones e satélites são analisadas para identificar pragas, doenças e deficiências nutricionais nas culturas, permitindo intervenções rápidas e precisas. Essa abordagem ajuda a prevenir perdas e melhora a gestão das lavouras, uma vez que fornece dados detalhados para tomadas de decisão assertivas.

A Internet das Coisas (IoT) também desempenha um papel crucial no agronegócio nacional. Sensores conectados ao solo, plantas e maquinários coletam informações em tempo real, permitindo que agricultores acompanhem variáveis como umidade, temperatura e níveis de nutrientes. Esses dados são integrados a plataformas de IA, que automatizam processos como a irrigação, otimizando o uso de água e energia. Essa tecnologia também facilita o gerenciamento remoto, proporcionando maior controle sobre as operações agrícolas.

Além disso, a análise preditiva tem revolucionado o planejamento agrícola e logístico. Modelos preditivos baseados em IA são utilizados para prever a produtividade de safras e identificar fatores que podem impactar a qualidade das culturas. Esses modelos auxiliam na definição de estratégias de colheita e comercialização, garantindo maior eficiência e competitividade no mercado.

Assistentes virtuais e chatbots também têm sido implementados no setor para fornecer suporte técnico aos agricultores. Essas ferramentas automatizam o atendimento e oferecem informações personalizadas sobre o funcionamento de

equipamentos, práticas agrícolas e manutenção. Essa automação melhora o atendimento e reduz o tempo necessário para solucionar problemas, otimizando o uso de maquinários e recursos.

A IA tem sido utilizada para garantir a rastreabilidade de produtos agrícolas, especialmente em conjunto com tecnologias como blockchain. Essa integração permite o monitoramento detalhado de toda a cadeia produtiva, desde a origem até o consumidor final, atendendo às demandas do mercado por maior transparência e sustentabilidade.

5.2 Impactos na Produtividade e Sustentabilidade

A adoção de Inteligência Artificial (IA) no agronegócio brasileiro tem mostrado impactos significativos tanto na produtividade quanto na sustentabilidade das operações. Empresas que implementaram tecnologias baseadas em IA reportaram resultados expressivos, destacando-se pela capacidade de otimizar recursos, reduzir custos e aumentar o rendimento das culturas.

Em termos de produtividade, a IA tem sido utilizada para melhorar o manejo das plantações por meio de sistemas automatizados e análises preditivas. Empresas que aplicaram aprendizado de máquina em suas operações agrícolas conseguiram prever com maior precisão os melhores períodos para plantio, irrigação e colheita, levando a um aumento no rendimento por hectare. Essas tecnologias também ajudaram a identificar problemas como pragas e doenças em estágios iniciais, permitindo ações corretivas mais rápidas e reduzindo perdas significativas. O uso de drones equipados com visão computacional, por exemplo, possibilitou o monitoramento em larga escala de plantações, garantindo que áreas críticas recebessem atenção imediata, o que resultou em maior eficiência operacional.

A sustentabilidade também tem sido uma área de grande destaque nas empresas que adotaram IA. Sensores integrados a sistemas de Internet das Coisas (IoT) permitem monitorar a umidade do solo, temperatura e condições climáticas em tempo real, ajustando automaticamente sistemas de irrigação e aplicação de fertilizantes. Isso não apenas reduziu o uso excessivo de água e insumos químicos, mas também minimizou os impactos ambientais, como a contaminação de solos e lençóis freáticos. Empresas que implementaram essas tecnologias relataram economias consideráveis nos custos com insumos, ao mesmo tempo em que contribuíram para a conservação de recursos naturais.

Além disso, a IA tem permitido um uso mais eficiente da energia nas operações agrícolas. Máquinas inteligentes, controladas por algoritmos, otimizam o consumo de combustível, reduzindo emissões de carbono e tornando as atividades mais alinhadas com os objetivos de desenvolvimento sustentável. Empresas que investiram em tecnologias de automação integrada relataram reduções significativas nos custos de energia, reforçando o papel da IA na promoção de práticas agrícolas mais limpas e eficientes.

Outro impacto relevante está relacionado à rastreabilidade e à transparência na cadeia produtiva. Sistemas baseados em IA, combinados com blockchain, têm permitido o rastreamento detalhado dos produtos agrícolas, desde o campo até o consumidor final. Isso garantiu maior confiança dos clientes nos produtos, especialmente em mercados internacionais que exigem certificações rigorosas de sustentabilidade. Empresas que implementaram essas tecnologias observaram um aumento na demanda por seus produtos, graças à maior confiança do mercado em práticas agrícolas mais responsáveis.

Os impactos sociais também não podem ser ignorados. Embora a adoção de IA demande uma requalificação da força de trabalho, muitas empresas relataram que essa transição resultou em benefícios de longo prazo. Treinamentos para uso de tecnologias digitais e automação permitiram que trabalhadores rurais adquirissem novas habilidades, aumentando sua empregabilidade e contribuindo para o desenvolvimento social das comunidades agrícolas.

5.3 Desafios e Soluções

Apesar dos benefícios significativos trazidos pela Inteligência Artificial (IA) no agronegócio brasileiro, sua implementação enfrenta uma série de desafios que exigem estratégias específicas para serem superados. As barreiras tecnológicas, econômicas e culturais ainda limitam o acesso e a adoção de soluções baseadas em IA, especialmente entre pequenos e médios produtores. Contudo, diversas empresas, cooperativas e instituições têm desenvolvido estratégias inovadoras para mitigar esses obstáculos e democratizar o uso dessa tecnologia no setor.

Um dos principais desafios identificados é a falta de infraestrutura tecnológica em áreas rurais. Grande parte das regiões agrícolas no Brasil ainda carece de conectividade digital adequada, o que dificulta o uso de tecnologias baseadas em IA, como sensores IoT e sistemas de monitoramento remoto. Para superar essa barreira, algumas empresas e cooperativas investiram na instalação de redes privadas de

internet e no uso de tecnologia de satélite para garantir conectividade em áreas remotas. Além disso, iniciativas públicas e parcerias entre o setor privado e o governo têm promovido a expansão da cobertura de internet rural, criando condições para que agricultores tenham acesso a soluções digitais avançadas.

Outro obstáculo significativo é o alto custo de implementação das tecnologias de IA. Ferramentas como aprendizado de máquina, visão computacional e IoT frequentemente demandam investimentos elevados em hardware, software e treinamento de pessoal. Para lidar com essa questão, algumas empresas adotaram modelos de negócios baseados em assinaturas ou parcerias com startups AgTechs, que oferecem soluções personalizadas a preços acessíveis. Essas parcerias permitem que pequenos produtores compartilhem custos e acessem tecnologias que seriam inviáveis de outra forma. Além disso, programas de financiamento e crédito agrícola específicos para inovação tecnológica têm sido desenvolvidos para apoiar os produtores no investimento em IA.

A resistência cultural é outro desafio importante, especialmente em regiões onde agricultores estão acostumados a métodos tradicionais de produção. Muitos produtores, particularmente os de gerações mais antigas, relutam em adotar tecnologias digitais devido à falta de familiaridade ou ao medo de complexidade. Para enfrentar essa barreira, empresas do setor têm investido em programas de capacitação e treinamento prático, demonstrando os benefícios tangíveis da IA em workshops e eventos agrícolas. O uso de exemplos reais e bem-sucedidos de implementação também tem ajudado a mudar a percepção dos agricultores em relação à tecnologia, promovendo maior aceitação.

Outro desafio cultural é a falta de integração entre os diferentes atores da cadeia produtiva. A adoção eficaz da IA muitas vezes requer colaboração entre agricultores, cooperativas, indústrias e empresas de tecnologia. Em resposta, algumas regiões estabeleceram ecossistemas colaborativos, onde esses atores trabalham juntos para identificar necessidades, compartilhar conhecimentos e implementar soluções tecnológicas. Esses ambientes colaborativos criam uma cultura orientada a dados, facilitando a adoção de IA de forma mais integrada e eficiente.

Além das barreiras locais, a escassez de mão de obra qualificada é uma dificuldade enfrentada em todo o país. A implementação de IA exige conhecimento técnico especializado, que muitas vezes não está disponível em comunidades rurais. Para superar essa limitação, algumas empresas investiram na formação de técnicos locais por meio de programas educacionais e parcerias com instituições de ensino.

Esses esforços não apenas garantem a disponibilidade de profissionais capacitados, mas também criam oportunidades de desenvolvimento para as comunidades.

A falta de dados estruturados é outro desafio que afeta a eficácia da IA no agronegócio. A maioria dos agricultores não possui um histórico consolidado de informações sobre suas operações, o que dificulta a aplicação de algoritmos de aprendizado de máquina. Como solução, empresas de tecnologia têm oferecido plataformas que facilitam a coleta e o armazenamento de dados diretamente no campo. Com o tempo, esses dados alimentam sistemas de IA, permitindo análises mais precisas e personalizadas para cada produtor.

5.4 Comparação com Outros Países

A adoção de Inteligência Artificial (IA) no agronegócio brasileiro está em uma trajetória crescente, mas o país ainda enfrenta desafios significativos em comparação a outros líderes globais no uso dessa tecnologia. Países como Estados Unidos, Austrália e China têm se destacado como referências na aplicação de IA no setor agrícola, com avanços em infraestrutura tecnológica, pesquisa e desenvolvimento, e integração de soluções digitais em todas as etapas da cadeia produtiva.

Nos Estados Unidos, a aplicação de IA no agronegócio é amplamente consolidada, impulsionada por investimentos massivos em pesquisa e desenvolvimento tecnológico. Empresas norte-americanas utilizam IA para prever padrões climáticos, monitorar plantações em tempo real e gerenciar grandes áreas agrícolas com alta precisão. Além disso, os Estados Unidos possuem uma forte colaboração entre universidades, empresas de tecnologia e agricultores, o que facilita a disseminação de novas ferramentas. A infraestrutura tecnológica avançada, como redes de conectividade robustas em áreas rurais, dá aos produtores acesso imediato a soluções baseadas em IA, algo que o Brasil ainda busca alcançar em sua totalidade.

Na Austrália, a integração de IA com práticas agrícolas é um reflexo das necessidades específicas do país, que enfrenta desafios como escassez de água e solos áridos em várias regiões. A IA é amplamente utilizada para otimizar o uso de recursos hídricos, uma área que o Brasil também prioriza, mas em menor escala. Além disso, a Austrália se destaca pelo uso de drones equipados com visão computacional para monitorar grandes extensões de terra e sistemas baseados em aprendizado de máquina para prever safras e gerenciar estoques. Esses avanços são apoiados por políticas públicas que incentivam a inovação tecnológica e criam um ambiente favorável para startups agrícolas.

A China, por outro lado, está rapidamente emergindo como um líder global em tecnologia agrícola, com a IA desempenhando um papel central em sua estratégia de modernização do setor. O país investe pesadamente em big data e automação, aplicando IA para prever demandas de mercado e melhorar a eficiência da cadeia produtiva. A combinação de IA com outras tecnologias emergentes, como blockchain, também é amplamente adotada na China, permitindo maior rastreabilidade e transparência nos processos agrícolas. Comparado ao Brasil, a China se beneficia de um mercado interno vasto e de políticas governamentais centralizadas que priorizam a transformação digital no agronegócio.

O Brasil, embora reconhecido como uma potência agrícola global, ainda enfrenta desafios estruturais que limitam sua competitividade no uso de IA. A infraestrutura tecnológica em áreas rurais, como conectividade à internet e acesso a dispositivos avançados, permanece desigual, dificultando a implementação de soluções digitais em larga escala. Além disso, o país investe menos em pesquisa e desenvolvimento tecnológico quando comparado a nações como Estados Unidos e China. Apesar disso, o Brasil tem mostrado avanços significativos em algumas áreas, especialmente com o crescimento de startups AgTechs que desenvolvem soluções personalizadas para os desafios locais, como manejo de solos tropicais e otimização de grandes áreas de cultivo.

Uma das vantagens competitivas do Brasil em relação a outros países é a diversidade de sua produção agrícola e a escala de suas operações. Isso cria um cenário ideal para a implementação de IA em larga escala, uma vez que a tecnologia pode ser usada para gerenciar culturas diversas, otimizar recursos e monitorar extensões de terra vastas. No entanto, essa mesma escala apresenta desafios, pois a heterogeneidade das práticas agrícolas e das condições climáticas em diferentes regiões do Brasil exige soluções altamente adaptadas, o que pode aumentar os custos de desenvolvimento e implementação.

Outro fator que diferencia o Brasil é o papel das cooperativas agrícolas, que têm se destacado como facilitadoras da adoção de tecnologias. Essas cooperativas frequentemente atuam como pontes entre pequenos produtores e grandes empresas de tecnologia, viabilizando o acesso a ferramentas avançadas de IA. Apesar disso, a falta de políticas públicas abrangentes e incentivos específicos para a digitalização do agronegócio ainda limita o alcance dessas iniciativas.

Comparando o Brasil com os países líderes, observa-se que, enquanto nações como Estados Unidos, Austrália e China têm um ecossistema tecnológico mais

consolidado e integrado, o Brasil está em um estágio de crescimento, com grande potencial, mas enfrentando desafios significativos. A expansão da conectividade rural, o aumento de investimentos em pesquisa e o fortalecimento de parcerias entre setor público e privado são passos essenciais para que o país alcance uma posição de liderança global na adoção de IA no agronegócio.

6 CONCLUSÃO

Este estudo analisou o impacto da Inteligência Artificial (IA) na otimização de processos e na tomada de decisão na cadeia de produção agrícola no Brasil, abordando suas contribuições para a produtividade, sustentabilidade e competitividade do agronegócio. A pesquisa teve como ponto de partida a crescente relevância da Agricultura 4.0, que integra tecnologias digitais avançadas, como aprendizado de máquina, visão computacional e Internet das Coisas (IoT), para transformar a maneira como o setor agrícola opera. A pergunta norteadora, "Como a IA pode otimizar processos e melhorar a tomada de decisão no agronegócio brasileiro?", foi explorada a partir de uma revisão teórica e análise de exemplos práticos no cenário nacional e internacional.

Com base nos achados, pode-se afirmar que a IA desempenha um papel crucial na modernização do agronegócio. Os resultados indicam que a tecnologia possibilita uma gestão mais eficiente de recursos naturais, como água e fertilizantes, melhora a previsibilidade de safras e reduz perdas por meio da identificação precoce de pragas e doenças. Esses benefícios não apenas aumentam a produtividade, mas também promovem práticas agrícolas mais sustentáveis. Além disso, a IA se mostrou essencial para estratégias de planejamento e logística, otimizando desde a colheita até a distribuição dos produtos. Dessa forma, a pergunta norteadora foi respondida positivamente, demonstrando que a IA tem o potencial de transformar profundamente a cadeia produtiva agrícola no Brasil.

O objetivo geral, que era analisar os impactos da IA na cadeia produtiva, foi plenamente alcançado. A pesquisa evidenciou que a tecnologia não apenas melhora processos internos, mas também amplia a competitividade do agronegócio brasileiro no cenário global. Em relação aos objetivos específicos, foram identificadas as principais ferramentas utilizadas, como aprendizado de máquina e visão computacional, e analisados seus benefícios na tomada de decisão e sustentabilidade. Além disso, os desafios enfrentados pelas empresas do setor foram discutidos, com destaque para a falta de infraestrutura tecnológica e a resistência cultural à adoção de novas tecnologias.

Os resultados obtidos confirmaram a hipótese inicial de que a aplicação da IA aumenta a eficiência produtiva, reduz custos e promove a sustentabilidade no agronegócio brasileiro. No entanto, também ficou claro que esses avanços são desiguais, com grandes empresas liderando a adoção da tecnologia, enquanto

pequenos e médios produtores enfrentam maiores dificuldades devido a limitações econômicas, técnicas e culturais. Apesar dessas barreiras, o crescimento das startups AgTechs e o aumento das parcerias entre setor público e privado têm ajudado a expandir o acesso à tecnologia.

A pesquisa, no entanto, enfrentou algumas limitações. A falta de dados empíricos diretamente aplicáveis à realidade de pequenos produtores brasileiros dificultou uma análise mais abrangente do impacto da IA em diferentes escalas produtivas. Além disso, a disparidade regional na infraestrutura tecnológica rural limitou a capacidade de generalizar os resultados obtidos. Outra dificuldade foi a escassez de estudos comparativos entre o Brasil e outros países, o que restringiu uma análise mais detalhada sobre como o país pode superar suas deficiências tecnológicas e organizacionais.

Este estudo reafirma o papel transformador da IA no agronegócio brasileiro, destacando sua capacidade de promover maior eficiência, sustentabilidade e competitividade. Apesar das limitações enfrentadas, as evidências demonstram que o setor está em uma trajetória de modernização, embora desafios significativos ainda precisem ser superados. A expansão da conectividade rural, o aumento de investimentos em tecnologia e a promoção de uma cultura orientada a dados serão essenciais para consolidar o Brasil como líder global na adoção de IA no agronegócio. Assim, este trabalho contribui para o entendimento do potencial da IA e reforça a importância de políticas públicas e parcerias estratégicas para impulsionar a transformação digital no setor agrícola nacional.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R.; MARTINS, L. **Uso eficiente da água na agricultura: A aplicação de Inteligência Artificial.** *Revista de Tecnologia Agrícola*, v. 14, n. 3, p. 112-125, 2022.

ANDRADE, F.; ALMEIDA, J. Inovação na agricultura: **O papel da IA no desenvolvimento de novas variedades de plantas.** *AgriTech Journal*, v. 8, n. 2, p. 89-101, 2023.

BARBOSA, L.; et al. Tomada de decisão baseada em IA no agronegócio. *Journal of Agricultural Decision Making*, v. 11, n. 3, p. 201-214, 2022.

BARBOSA, Tiago Henrique; et al. Decision-making in agribusiness based on artificial intelligence. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 196, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092552732200295X>. Acesso em: 22 maio 2024.

BARROS, T.; FERNANDES, M. **Integração de IA e IoT no agronegócio brasileiro.** *Journal of Smart Agriculture*, v. 6, n. 4, p. 214-226, 2023.

CARDOSO, R.; MOTA, S. **Tecnologias emergentes e a nova era da agricultura: Um estudo sobre blockchain e IA.** *Revista Brasileira de Agronegócio*, v. 19, n. 1, p. 44-57, 2023.

CARVALHO, A.; SILVA, P. **Desafios culturais na adoção de IA no agronegócio.** *Journal of Agricultural Innovation*, v. 10, n. 1, p. 131-144, 2023.

CASTRO, E.; RIBEIRO, L. **Agricultura de precisão e IA: Uma abordagem integrada para otimização de recursos.** *Precision Farming Journal*, v. 7, n. 3, p. 95-110, 2023.

COSTA, J.; SOUZA, F. Previsão de safras com IA: Uma análise dos modelos mais recentes. *Revista de Meteorologia Agrícola*, v. 15, n. 2, p. 78-90, 2023.

FONSECA, H.; et al. Estudo de caso sobre o uso de IA em grandes empresas do agronegócio brasileiro. *Journal of Agribusiness Studies*, v. 12, n. 3, p. 183-198, 2023.

GOMES, V.; BATISTA, D. Monitoramento e diagnóstico de campo com IA: Avanços recentes. *Agricultural Technology Review*, v. 14, n. 2, p. 101-115, 2023.

JORNAL PARANÁ NORTE. Rural discute uso da IA para impulsionar vendas no agro. 22 jun. 2024. Disponível em: <https://www.jornalparananorte.com.br/2024/06/22/rural-discute-uso-da-ia-para-impulsionar-vendas-no-agro/>. Acesso em: 21 jun. 2024.

LIMA, R.; GONÇALVES, A. Sustentabilidade e inovação no agronegócio: O papel da IA. *Revista de Sustentabilidade Rural*, v. 11, n. 1, p. 59-73, 2023.

LIMA, T.; et al. Startups e a revolução tecnológica no agronegócio brasileiro. *Agri-Innovation Journal*, v. 9, n. 4, p. 202-218, 2023.

MACHADO, L.; ROCHA, C. Redução de desperdícios na agricultura com o uso de IA. *Journal of Sustainable Agriculture*, v. 13, n. 1, p. 132-146, 2022.

MELO, J.; COSTA, L. Perspectivas futuras da IA no agronegócio brasileiro. *Journal of Future Agriculture*, v. 16, n. 2, p. 98-110, 2023.

MCCARTHY, J. *What is Artificial Intelligence?* Stanford University Press, 2007.

NASCIMENTO, P.; FERREIRA, R. Adoção de IA no agronegócio: Um comparativo internacional. *International Agritech Review*, v. 9, n. 1, p. 88-101, 2022.

PEREIRA, F.; LIMA, S. Tomada de decisão no agronegócio com IA: Um estudo de caso. *Journal of Data-Driven Agriculture*, v. 14, n. 2, p. 120-135, 2023.

PEREIRA, H.; SANTOS, C. Logística e distribuição no agronegócio: O impacto da IA. *Logistics & Agriculture Journal*, v. 15, n. 3, p. 75-88, 2023.

PRESS FC ASSESSORIA E CONSULTORIA. O avanço exponencial da Inteligência Artificial (IA) vem tornando a ferramenta essencial em diferentes setores. *Portal do Agronegócio*, 28 fev. 2024. Disponível em: <https://www.portaldoagronegocio.com.br/gestao-rural/analise-de-mercado/noticias/inteligencia-artificial-como-as-ferramentas-tecnologicas-tem-impactado-o-agronegocio-no-brasil>. Acesso em: 22 jun. 2024.

QUEIROZ, Daniel Negreiros de; et al. Aplicações de inteligência artificial na era da agricultura 4.0. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 54, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/KP5mfyFddvVFzqtLmMDNK3H/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 11 maio 2024.

RIBEIRO, A.; et al. O uso de tecnologias emergentes no agronegócio brasileiro. *Journal of Agricultural Science and Technology*, v. 20, n. 4, p. 145-162, 2022.

SANTOS, E.; BARBOSA, M. Políticas públicas para o uso de IA no agronegócio. *Journal of Public Policy in Agriculture*, v. 8, n. 2, p. 101-115, 2022.

SILVA, G.; et al. Desafios e oportunidades na adoção de IA no agronegócio brasileiro. *Brazilian Journal of Agribusiness*, v. 11, n. 3, p. 190-205, 2023.

SOUZA, A.; ALMEIDA, P. Eficiência energética na agricultura com o uso de IA. *Energy & Agriculture Journal*, v. 12, n. 1, p. 113-126, 2023.

SOUZA, C.; RODRIGUES, M. Impacto econômico da IA no agronegócio. *Journal of Agribusiness Economics*, v. 10, n. 2, p. 87-102, 2022.

VIEIRA, M.; COSTA, N. Segurança alimentar e IA: Uma revisão de literatura. *Food Security Journal*, v. 9, n. 3, p. 205-220, 2022.