



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO DO AGRONEGÓCIO**

**LUZIA PEREIRA DE MATOS
JOSINETE RIBEIRO DA SILVA**

OS IMPACTOS DA TECNOLOGIA NO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO

**PALMAS-TO
2025**

**LUZIA PEREIRA DE MATOS
JOSINETE RIBEIRO DA SILVA**

OS IMPACTOS DA TECNOLOGIA NO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO

Trabalho apresentado ao curso de Gestão em Agronegócio, como requisito para obtenção de nota na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, do Instituto Federal do Tocantins.

Orientador: Dr. Joaquim José de Carvalho

PALMAS-TO

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

M425i Matos, Luzia Pereira
 Os impactos da tecnologia no agronegócio Brasileiro / Luzia Pereira
 Matos, Josinete Ribeiro da Silva. – Palmas, TO, 2025.
 32 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em
Gestão do Agronegócio) – Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Tocantins, Campus Palmas, Palmas, TO, 2025.

Orientador: Dr. Joaquim José de Carvalho

1. Tecnologia agrícola. 2. Revolução tecnológica. 3. Logística 4.0.
I. Silva, Josinete Ribeiro da. II. de Carvalho, Joaquim José III. , . IV. Título.

CDD 630

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada
para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os
dados fornecidos pelo(a) auto**

LUZIA PEREIRA DE MATOS
JOSINETE RIBEIRO DA SILVA

OS IMPACTOS DA TECNOLOGIA NO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO

Trabalho apresentado ao curso de Gestão em Agronegócio, como requisito para obtenção de nota na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, do Instituto Federal do Tocantins.

Aprovado em:

Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **CIBELLE CHRISTINE BRITO FERREIRA**
Data: 12/03/2026 12:34:31-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Cibelle Christine Brito

UniCatolica/TO

Documento assinado digitalmente
 **JOSE EUSTAQUIO CANGUCU LEAL**
Data: 11/03/2026 14:48:11-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. José Eustáquio Canguçu Leal

IFTO

Documento assinado digitalmente
 **JOAQUIM JOSE DE CARVALHO**
Data: 11/03/2026 13:54:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Joaquim José de Carvalho -

IFTO - Orientador

RESUMO

O agronegócio brasileiro testemunhou mudanças significativas em sua estrutura socioeconômica e produtiva nas últimas décadas, e devido à crescente incorporação da tecnologia em suas atividades transformou radicalmente a agricultura e pecuária, antes caracterizadas por métodos tradicionais. O objetivo deste estudo foi analisar de que maneira a tecnologia tem impulsionado a eficiência operacional das fazendas e empresas do setor. Por meio de uma revisão bibliográfica abrangente, foram identificadas as principais tecnologias adotadas pelo agronegócio e como elas estão sendo utilizadas para melhorar a produtividade, reduzir os custos e promover a sustentabilidade. Para além, esta pesquisa aborda a implementação da logística 4.0 no agronegócio, destacando como a tecnologia tem aprimorado a gestão da cadeia de suprimentos e a distribuição de produtos agrícolas. Todavia, à medida que a população mundial continua a crescer e a demanda por alimentos aumenta, a tecnologia desempenha um papel crucial na garantia da segurança alimentar e na competitividade do agronegócio brasileiro. Este artigo fornece uma visão abrangente dos benefícios e desafios decorrentes da revolução tecnológica no setor agrícola do Brasil.

Palavras-chave: Tecnologia agrícola. Revolução tecnológica. Logística 4.0. Impactos da tecnologia.

ABSTRACT

The Brazilian agribusiness has witnessed significant changes in its socio-economic and productive structure in recent decades, and due to the growing incorporation of technology into its activities, it has radically transformed agriculture and livestock, previously characterized by traditional methods. The objective of this study is to analyze how technology has driven the operational efficiency of farms and companies in the sector. Through a comprehensive literature review, the main technologies adopted by agribusiness are identified and how they are being used to improve productivity, reduce costs, and promote sustainability. Furthermore, this research addresses the implementation of Industry 4.0 in agribusiness, highlighting how technology has enhanced supply chain management and the distribution of agricultural products. However, as the world's population continues to grow and the demand for food increases, technology plays a crucial role in ensuring food security and the competitiveness of Brazilian agribusiness. This article provides a comprehensive overview of the benefits and challenges arising from the technological revolution in the agricultural sector of Brazil.

Keywords: Agricultural technology. Technological revolution. Logistics 4.0. Technology impacts.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	6
2 DESENVOLVIMENTO	7
2.1 AGRONEGÓCIO: UMA CONTEXTUALIZAÇÃO	7
3 O BRASIL E A APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA NO AGRONEGÓCIO.....	13
3.1 DOS TIPOS DE TECNOLOGIAS: SEUS BENEFÍCIOS E ALGUNS DESAFIOS	15
4 LOGÍSTICA NO AGRONEGÓCIO	20
4.1 LOGÍSTICA 4.0 NO AGRONEGÓCIO: A TECNOLOGIA NA EFICIÊNCIA OPERACIONAL.....	22
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26

1 INTRODUÇÃO

No decorrer das duas primeiras décadas do século XXI, o agronegócio e o cenário rural no Brasil passaram por mudanças estruturais significativas em termos socioeconômicos e produtivos. Essas transformações visaram impulsionar o desenvolvimento e a incorporação de tecnologia nas atividades e procedimentos relacionados à agricultura e à pecuária (Gehlen, 2001).

Nos últimos anos, o setor do agronegócio no Brasil passou por uma verdadeira revolução impulsionada pela adoção crescente de tecnologias avançadas. A agricultura, que por muito tempo foi caracterizada por métodos tradicionais e práticas manuais, viu-se envolvida em uma onda de inovação que está transformando radicalmente a forma como os produtores rurais conduzem suas atividades. A introdução de tecnologias, como a automação, a agricultura de precisão, o uso de drones e a análise de dados em larga escala, está remodelando a paisagem do agronegócio brasileiro.

Com isso, a presente pesquisa se propõe a conduzir um estudo bibliográfico abrangente sobre os impactos da tecnologia na logística e na eficiência operacional do agronegócio brasileiro. Ao longo do estudo, destaca-se o seu papel na busca por soluções sustentáveis e no atendimento à crescente demanda por alimentos e produtos agrícolas de alta qualidade.

Além de explorar e analisar os impactos da tecnologia no setor do agronegócio brasileiro, investigando as várias dimensões em que a tecnologia está influenciando as práticas agrícolas, desde a otimização da produção até a logística e distribuição. Identificando as principais tecnologias adotadas pelo agronegócio e avaliar como elas estão sendo utilizadas para melhorar a eficiência e a produtividade no campo, bem como identificar os benefícios da tecnologia na eficiência operacional do agronegócio brasileiro. Além de examinar o potencial de transformação que a implementação da logística 4.0 proporciona no agronegócio.

O estudo também objetiva fornecer uma visão abrangente das tecnologias que moldam o futuro do agronegócio brasileiro, destacando as oportunidades e desafios que surgem com essa evolução à medida que a demanda por alimentos cresce em consonância com o aumento populacional, e, desse modo, o papel da tecnologia no agronegócio se torna ainda mais crucial.

Feitas essas considerações, a problemática que permeia esta pesquisa tem

como norte o seguinte questionamento, a saber: Como a adoção de tecnologias impulsionam a eficiência operacional das fazendas e empresas do agronegócio brasileiro?

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 AGRONEGÓCIO: UMA CONTEXTUALIZAÇÃO

Para Saleh (2019) e Francisco (2013), o agronegócio, também conhecido como *agrobusiness* em inglês, refere-se a um setor econômico que engloba toda a cadeia de produção relacionada à agricultura e pecuária. Assim, conforme FIA (2011), seu processo produtivo é altamente abrangente, compreendendo uma ampla gama de segmentos e perfis, englobando operações que ocorrem tanto antes, dentro quanto após as fronteiras das fazendas.

De acordo com Francisco (2013), o agronegócio abrange também as atividades desempenhadas pelos fornecedores de insumos, sementes, equipamentos, serviços, bem como o processamento, beneficiamento, industrialização e comercialização dos produtos agropecuários. Portanto, ele representa o conjunto de todas as etapas envolvidas na produção, processamento, distribuição e venda de produtos agrícolas, que pode ser dividido em três principais fases:

Produtores Rurais: Contempla os proprietários de propriedades rurais, independentemente de seu tamanho, onde a produção agrícola ou pecuária ocorre;

Fornecedores de Insumos Rurais: Essa categoria engloba fabricantes de maquinário agrícola, fornecedores de produtos como pesticidas, sementes, equipamentos e outros insumos essenciais para a produção agropecuária;

Processamento, Distribuição e Comercialização: Nesta fase, incluem-se atividades como o processamento de produtos, frigoríficos, distribuição de alimentos, indústrias de transformação e redes de supermercados, entre outros, que desempenham um papel fundamental na distribuição e venda dos produtos agrícolas.

O Brasil é um país que apresenta uma série de condições altamente favoráveis para o agronegócio, incluindo a disponibilidade de terras agricultáveis, abundância de recursos hídricos, ampla luminosidade, solos férteis e um clima variado e propício.

Conforme destacado por Stefanelo (2012), o Brasil detém a maior reserva de água doce do mundo, representando 12% do total, com uma concentração significativa na região amazônica.

Dito isso, o país é único em sua configuração continental, com um eixo principal que se estende de norte a sul, proporcionando uma ampla gama de climas, desde o tropical até o frio (Stefanelo, 2012). Esses fatores naturais desempenham um papel fundamental no suporte e na expansão do agronegócio brasileiro.

Com o objetivo de impulsionar ainda mais o agronegócio, o Brasil tem direcionado investimentos para fortalecer esse setor. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) está empenhado em desenvolver mecanismos que conciliem o crescimento econômico com a preservação ambiental por meio do agronegócio. Nesse contexto, estão sendo conduzidas pesquisas voltadas para o avanço do mercado de agroenergia, que envolve a produção de energia por meio da utilização de produtos e resíduos provenientes do agronegócio (Farina, 1999).

Para Farina (1999), a prática do agronegócio se refere à utilização consciente da informação com o objetivo de estabelecer e manter uma identidade nas relações que surgem das transformações históricas ocorridas no meio rural e na sociedade contemporânea. O agronegócio desempenha um papel de grande relevância tanto na economia brasileira quanto na economia global, especialmente devido à diversidade de agentes envolvidos no sistema, o que resulta em uma série de atividades que contribuem para a geração de riqueza ao longo da cadeia produtiva.

Cabe ainda ressaltar que, no Brasil, o período histórico compreendido entre 1965 e 1980 é frequentemente referido como a "idade de ouro" da agropecuária brasileira. Durante esse período, o governo desempenhou um papel fundamental no desenvolvimento rural, implementando políticas públicas que incluíam o fornecimento de crédito agrícola e investimentos significativos em pesquisas científicas (Bianchini, 2015; Mellor, 2019).

Esse processo ficou conhecido como a Revolução Verde, caracterizado pela adoção de pacotes tecnológicos que promoviam a mecanização e o uso de insumos modernos. Essas medidas possibilitaram um aumento substancial da produtividade no campo. Entretanto, a implementação da Revolução Verde aprofundou a dependência financeira, comercial e tecnológica do país em relação às nações desenvolvidas. Isso ocorreu porque a estratégia implementada promoveu a modernização da base técnica da agricultura de forma que ficou dependente dos

recursos de produção provenientes do mercado internacional (Matos; Pessoa, 2011).

Dessa forma, a Revolução Verde beneficiou duplamente os países desenvolvidos. Por um lado, a modernização forçada da agricultura nos países em desenvolvimento levou-os a importar inovações tecnológicas, como insumos, máquinas, equipamentos e pesticidas, promovendo a expansão das multinacionais em seus territórios. Para manter esse modelo de dependência externa, era necessário aumentar a produtividade agrícola, gerando superávits na balança comercial (dependência comercial) e obtendo dólares em troca (dependência financeira) para aquisição de novos meios de produção (dependência tecnológica), os quais, por sua vez, impulsionavam ainda mais a produtividade. Por outro lado, a crescente oferta de *commodities* agrícolas pelos países em desenvolvimento resultava em preços mais baixos desses produtos, beneficiando as agroindústrias dos países desenvolvidos, que agregavam valor aos produtos finais (Chalita, 2005).

Nesse período histórico, o processo de desenvolvimento rural no Brasil foi intimamente relacionado à integração técnica entre agricultura e indústria, o que implicou com as inovações tecnológicas, como máquinas agrícolas, tratores, colheitadeiras, avanços agronômicos e físico-químicos que alteram as propriedades naturais do solo e das plantas para aumentar a produtividade, melhoramento genético de plantas e animais, e o desenvolvimento de complexos agroindustriais, desempenhando um papel fundamental na configuração social, econômica e espacial do campo brasileiro (Gazolla, 2004).

Apesar das convergências, o mercado brasileiro do agronegócio continua em expansão constante. Isso se deve ao fato de que, de acordo com o CEPEA (2022), o país possui um vasto potencial e uma capacidade institucional consolidada, aliados à notável criatividade dos pesquisadores locais. Esses elementos criam amplas oportunidades para investimentos externos e privados em pesquisa e desenvolvimento dentro do país, resultando em um crescimento contínuo do Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio.

Portanto, Massa (2020) destaca que a expansão do Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio é fortemente impulsionada pela equilibrada relação entre oferta e demanda, além do desempenho notável das safras agrícolas e das exportações do setor. Essas exportações, de acordo com dados do Ministério da Agricultura de julho de 2020, representam aproximadamente 50% de todas as exportações do país.

Além das exportações, segundo Ribeiro, Marinho e Espinosa (2018), o

consumo interno de alimentos tem experimentado um crescimento notável. Esse aumento é atribuído ao crescimento populacional e ao desejo das pessoas por melhores padrões de saúde e qualidade de vida. Como resultado, as atividades agrícolas e pecuárias têm sido impulsionadas, expandindo-se para atender a essa demanda crescente.

Cavichioli e Silva (2020) ressaltam que, enfrentando o desafio de elevar a produtividade para atender a uma demanda ampla, a adoção de novas tecnologias se tornou uma necessidade fundamental para aprimorar, otimizar e tornar mais rentável a produção no setor agrícola. No entanto, Ribeiro, Marinho e Espinosa (2018) ressaltam que o objetivo principal da implementação dessas novas tecnologias é a redução de custos, o aumento da produção e a racionalização da utilização dos recursos naturais, resultando em um produto final sustentável e de alta qualidade.

Já sabe-se que o Brasil possui diversas condições favoráveis ao crescimento da agropecuária. Ainda cabe destacar que o país possui um ambiente propício, uma vasta extensão de terras, com cerca de mais de 103 milhões de hectares de área reservada para a agricultura, acesso a tecnologias avançadas, uma força de trabalho qualificada em todas as etapas da cadeia produtiva, eficiência na gestão agrícola, competitividade na produção agrícola e um grande potencial na área de bioenergia (Massa, 2020).

Destarte, o agronegócio no Brasil gera externalidades positivas, incluindo a criação de empregos e um saldo comercial frequentemente superavitário na balança comercial. De acordo com a Ecoagro (2014), aproximadamente 30% das terras do Brasil são dedicadas à agropecuária, enquanto 61% do território ainda mantém suas áreas de vegetação natural, o que representa um custo de oportunidade para o país devido à não utilização dessas áreas.

A produção agrícola brasileira apresentou um notável crescimento ao longo dos anos. A média de produção de grãos, incluindo arroz, feijão, milho, sorgo, soja e trigo, era de pouco mais de 50 milhões de toneladas. No entanto, no período de 2004-2005, esse número saltou para uma média de 114 milhões de toneladas. Destacam-se a produção de soja, com 49,2 milhões de toneladas, e milho, com 41,8 milhões de toneladas. Em 2004, outras áreas da agricultura também tiveram números expressivos: a produção de carnes (bovina, suína, caprina, ovina e de aves) totalizou 19,9 milhões de toneladas, a produção de cana-de-açúcar alcançou 410,9 milhões de toneladas, a produção de madeira bruta foi de 239,6 milhões de metros cúbicos, a

produção de citrus atingiu 20,6 milhões de toneladas e a produção de café chegou a 2,457 milhões de toneladas. Para além, houve um notável aumento na oferta de frutas e hortaliças, uma expansão significativa na indústria de máquinas e equipamentos agrícolas, a abertura de novas áreas de produção e a construção de uma sólida infraestrutura de apoio à produção e comercialização de produtos agrícolas (Francisco, 2013).

O setor agrícola brasileiro passou por um processo de modernização acelerado, e em 2005, apenas 16% da população vivia em áreas rurais, com 154 milhões de brasileiros residindo em áreas urbanas. Esse sucesso pode ser atribuído, em parte, aos investimentos realizados nas décadas de 1970 e 1980. Tais investimentos incluíram a formação de recursos humanos em Instituições Científicas e Tecnológicas (ICTs), a qualificação do corpo docente em diversas universidades, a modernização das infraestruturas físicas, a construção de laboratórios e o treinamento de milhares de profissionais técnicos, como engenheiros agrônomos, médicos veterinários, zootecnistas, engenheiros agrícolas, engenheiros florestais e técnicos agropecuários de nível médio (Massa, 2020).

O governo também desempenhou seu papel ao renegociar dívidas rurais existentes e disponibilizar novas linhas de financiamento para investimentos na atividade agrícola. Um destaque nesse contexto foi o programa Moderfrota, que contribuiu para a renovação da frota agrícola, que estava obsoleta na época. Em resposta a esse conjunto de eventos, os produtores demonstraram empreendedorismo e expandiram substancialmente a produção agropecuária, ainda conforme Massa (2020).

Observa-se, desse modo, que o agronegócio desempenha um papel fundamental na economia brasileira, contribuindo com 37% dos empregos, envolvendo quase 18 milhões de trabalhadores, representando 34% do Produto Interno Bruto (PIB) e sendo responsável por 43% das exportações em 2004. No ano seguinte, em 2005, o Brasil exportou quase US\$ 40 bilhões em produtos agrícolas, incluindo o complexo de soja, carnes, madeira e seus derivados, açúcar, café, couro, tabaco e outros, principalmente para a União Europeia, Estados Unidos e alguns países da Ásia, incluindo a China (Costa, 2006).

Embora o Brasil participe com 4% do comércio mundial de produtos agrícolas, sua fatia no comércio global é de menos de 1%. A principal beneficiária dessa inovação tecnológica no agronegócio foi a população brasileira, que nos últimos 30 anos teve

acesso a alimentos de melhor qualidade (Ávila *et al.*, 2005).

Os serviços de extensão rural e assistência técnica também desempenham um papel igualmente importante. Um estudo conduzido por Gasquez *et al.* (2004) estimou que, em termos de produtividade total na agricultura brasileira, a pesquisa e a extensão desempenham um papel mais crucial do que o crédito. Para manter sua competitividade, o Brasil precisa continuar investindo em ciência e tecnologia, promovendo constantemente o avanço do conhecimento tecnológico e melhorando a eficiência produtiva, mantendo um compromisso com a preservação ambiental.

O agronegócio representa o motor da economia nacional, demonstrando avanços significativos tanto em termos quantitativos quanto qualitativos. Mantém-se como um setor altamente empregador e gerador de renda, com um desempenho médio que tem superado consistentemente o do setor industrial. Isso o coloca em posição de destaque em escala global, conferindo-lhe uma importância crescente no contexto do desenvolvimento econômico. O agronegócio é dinâmico e possui a capacidade de impulsionar os demais setores da economia (Adaptado de Costa, 2006, n. p.).

Ao desempenhar o papel de principal impulsionador da economia brasileira, o agronegócio contribui com um terço de toda a receita gerada no país. Representando cerca de 33% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, ele é responsável por 42% do valor total das exportações e pela geração de 37% dos empregos no Brasil (Ministério da Agricultura, 2006).

O agronegócio brasileiro tem aumentado sua importância na produção ano após ano. Ainda de acordo com dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, as exportações totais do país atingiram US\$ 15,47 bilhões em fevereiro de 2017, o que representa um aumento de 16,0% em relação ao valor registrado no mesmo mês de 2016. Por outro lado, as importações totais do Brasil alcançaram US\$ 10,91 bilhões, o que representa um aumento de 5,9% em comparação com o valor registrado em fevereiro de 2016. Como resultado, a parcela das compras de produtos do agronegócio em relação ao total de importações cresceu de 9,3% para 10,1%. É importante destacar que o superávit da balança comercial do Brasil como um todo foi de US\$ 4,56 bilhões em fevereiro de 2017, em comparação com US\$ 3,04 bilhões no mesmo período do ano anterior (Massa, 2020).

Esse desempenho expressivo justifica uma análise mais detalhada do setor,

com foco especial nos riscos enfrentados pelas empresas que atuam nele. Nesse contexto, a tecnologia desempenha um papel importante na avaliação do risco de mercado das empresas do agronegócio brasileiro, uma vez que esse setor abrange todas as organizações diretamente ou indiretamente ligadas à atividade agropecuária no Brasil, incluindo o setor de fornecedores de insumos e fatores de produção, bem como o setor de processamento e distribuição (Ribeiro; Marinho; Espinosa, 2018).

Segundo Lourenço e Lima (2009), o crescimento do agronegócio no Brasil é resultado tanto de condições internas propícias, como o avanço e a adoção de novas tecnologias, a disponibilidade de terras e mão de obra a baixo custo, quanto de um contexto internacional que enfrenta desafios na reposição de produtos alimentícios e agrocombustíveis.

As agroindústrias desempenham um papel significativo na economia brasileira, não apenas por sua capacidade de agregar valor aos produtos primários, ao processar matéria-prima proveniente das propriedades rurais com o auxílio de equipamentos, seja em pequena ou grande escala (Mior, 2005), mas também por representar uma alternativa viável para a geração ou aumento de renda dos agricultores, especialmente aqueles envolvidos na agricultura familiar (Pelinski *et al.*, 2009).

3 O BRASIL E A APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA NO AGRONEGÓCIO

Ao discutir a tecnologia no agronegócio, é importante considerar a origem da própria palavra "tecnologia", que tem suas raízes no grego, sendo "*techne*" associada a artefatos e "*logos*" relacionada a razão e pensamento. Isso implica que tecnologia representa uma forma sistemática de conhecimento manifestado ou transformado em ferramentas (Moreira; Queiroz, 2007). No entanto, tecnologia não se restringe apenas ao uso de artefatos, incluindo também o contexto de como as atividades ou tarefas são realizadas. Portanto, a tecnologia está intrinsecamente ligada à maneira como o conhecimento é aplicado e disseminado (Amaral, 2015).

O uso crescente da tecnologia tem se estendido a todos os setores, criando um cenário muito promissor e impulsionando o avanço científico em diversas áreas do conhecimento. Os recursos tecnológicos estão tornando a vida cotidiana das pessoas mais fácil, introduzindo novos hábitos e construindo novas interações sociais (Matos, 2010).

Nesse contexto, de acordo com Cócaro e Jesus (2008), assim como ocorreu

em áreas urbanas, as inovações tecnológicas estão sendo rapidamente incorporadas à agricultura e à pecuária, abrangendo as tecnologias de gerenciamento de informações, as tecnologias de controle e monitoramento, bem como as tecnologias de telecomunicações. Ainda, o setor de Tecnologia da Informação emerge como um motor de desenvolvimento econômico, fornecendo resultados confiáveis em um curto espaço de tempo. Isso se traduz em maior capacidade de produção e, por consequência, maior potencial de lucro, inclusive no setor agropecuário, onde a competição está se intensificando. A tecnologia se torna um diferencial econômico positivo, uma vez que oferece uma vantagem competitiva abrangente (Lagran, 2011).

De acordo com Mendes (2010), os utilizadores de tecnologia no âmbito do agronegócio englobam uma vasta variedade de intervenientes, incluindo produtores rurais, cooperativas agropecuárias, agroindústrias, empresas de distribuição e organizações de extensão rural, entre outros. A diversidade de atores envolvidos reflete a importância crescente da tecnologia neste setor em constante evolução. Cada um desses intervenientes desempenha um papel específico na cadeia do agronegócio e pode beneficiar-se de diferentes aplicações da tecnologia.

Essa heterogeneidade de participantes destaca a necessidade de abordagens personalizadas e soluções tecnológicas adaptadas às necessidades de cada segmento do agronegócio. Desde a produção agrícola até a distribuição de produtos, a tecnologia desempenha um papel crucial na otimização de processos, na tomada de decisões baseadas em dados e no aumento da eficiência em toda a cadeia de valor. A contínua pesquisa e desenvolvimento nessa área são essenciais para aproveitar ao máximo o potencial da tecnologia no agronegócio, promovendo o crescimento e a sustentabilidade desse setor fundamental da economia (Mendes, 2010).

O agronegócio tem adquirido cada vez mais importância na economia brasileira, destacando-se nos últimos anos como um setor dinâmico e altamente competitivo. Esse desenvolvimento está intimamente relacionado ao aumento significativo no uso de tecnologia (Mendes, 2010).

Convém ressaltar a respeito da tecnologia da informação, conforme o Estudo do Mercado Brasileiro de *Software* para o Agronegócio, conduzido pela Embrapa Informática Agropecuária em 2008, o Brasil contava com 114 empresas dedicadas ao desenvolvimento de *software* voltado para o setor agrícola. Dessas empresas, 60% estavam localizadas na região Sudeste, com destaque para os estados de São Paulo

e Minas Gerais. A região Sul, por sua vez, abrigava 25% das empresas desse segmento. Esse cenário resultava em uma oferta de 400 produtos direcionados ao agronegócio, como destacado por Rodrigues (2008).

3.1 DOS TIPOS DE TECNOLOGIAS: SEUS BENEFÍCIOS E ALGUNS DESAFIOS

Segundo Matos (2010), o progresso da modernização e a incorporação de tecnologia no agronegócio brasileiro possibilitou inclusive uma redução no preço médio dos alimentos, o que beneficiou não apenas a população em geral, mas também todo o setor do agronegócio brasileiro.

Nesse contexto, quando se trata dos benefícios, é importante destacar a contribuição de avanços como a agricultura de precisão, o plantio direto, a utilização de drones ou Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) e a aerofotogrametria. Em relação à agricultura de precisão, conforme observado por Coelho (2005), seu objetivo principal é aplicar insumos de forma precisa em diferentes tipos de solo, visando maximizar tanto a produção física quanto a econômica das culturas. Essa abordagem foi inicialmente proposta em 1929 por Bauer e Linsley, resultando na redução significativa dos custos de produção, da ordem de 40%, para agricultores da época que a aplicaram em pequenas áreas de 100 m².

Ainda de acordo com Coelho (2005), na década de 30, a agricultura familiar predominava, e os agricultores trabalhavam em pequenas áreas. Isso os levou a reconhecer a variabilidade espacial das terras em que atuavam, facilitando a gestão dessas propriedades. No entanto, atualmente, esse processo se tornou viável devido à mecanização, permitindo um controle econômico eficaz em culturas de grande escala por meio de aplicações uniformes de insumos.

O autor enfatiza que a implementação da agricultura de precisão requer o uso de sistemas que integram medições e compreensão da variabilidade do solo com a aplicação de insumos, como fertilizantes, sementes e defensivos agrícolas, o que permite a gestão adequada de todos os equipamentos utilizados para a aplicação. O sistema também registra a eficácia de todas as aplicações, com o objetivo de avaliar seu valor e eficiência.

Concluindo a perspectiva de Coelho (2005), o autor observa que, nos estágios iniciais da agricultura de precisão, as estimativas eram baseadas em métodos simples de marcação, como a definição de um ponto fixo para determinar a área de interesse.

Nessa situação, o Sistema de Posicionamento Global (GPS) foi introduzido, permitindo a demarcação precisa de qualquer área no planeta e sendo originalmente desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos. Atualmente, embora o GPS seja amplamente utilizado em aplicativos de trânsito, ele também desempenha um papel fundamental na gestão eficiente de áreas agrícolas e no monitoramento da produtividade, contribuindo assim para a agricultura de precisão.

No que diz respeito ao Plantio Direto, conforme Alvarenga *et al.* (2001), essa prática é considerada uma das maiores inovações do milênio passado no setor agrícola. Essa técnica envolve a manutenção de uma camada superficial de palha sobre o solo, com o objetivo de criar um ambiente mais propício para a produção agrícola. Essa camada de palha desempenha várias funções importantes, como a recuperação e a conservação do solo, bem como o controle de plantas daninhas.

Para além, atua como uma barreira para reter e dissipar a energia das gotas de chuva, reduzindo o escoamento superficial e minimizando ou até eliminando a erosão do solo. Dessa forma, o Plantio Direto desempenha um papel fundamental na conservação do solo e na melhoria das condições de cultivo, proporcionando benefícios significativos para a agricultura (Alvarenga *et al.*, 2001).

Adicionalmente, de acordo com Alvarenga *et al.* (2001), é importante destacar que a quantidade e a qualidade da palha depositada na superfície do solo podem variar conforme o sistema de rotação adotado e o tipo de planta de cobertura utilizado, bem como a maneira como essa planta é gerenciada. No entanto, é fundamental escolher espécies que se adaptem às condições locais e tenham um potencial significativo para a produção de fitomassa. Quando se aumenta a quantidade de palha presente na superfície do solo, há uma maior disponibilidade desse material para a reciclagem de nutrientes. Isso, por sua vez, facilita o manejo da camada de palha, reduzindo a resistência aos componentes de corte das semeadoras e tornando o processo de plantio subsequente mais eficiente e com menos dificuldades operacionais.

No que diz respeito aos Drones, como mencionado por Otake (2017), essas tecnologias são empregadas para a coleta de fotografias aéreas com o objetivo de medir áreas. Eles têm a capacidade de gerar dados altimétricos e outros produtos cartográficos que podem ser aplicados em propriedades de diversos tamanhos, contribuindo para o controle e a redução de custos. Essa ferramenta se mostra versátil e útil tanto em propriedades de grande escala quanto em propriedades menores.

De acordo com Galvão (2014), a Aerofotogrametria oferece a capacidade de mapear diferentes culturas agrícolas e identificar pragas e doenças de forma eficaz. Por meio das imagens geradas, é possível identificar espécies vegetais, avaliar a quantidade de biomassa, calcular a área foliar, medir os níveis de clorofila, nitrogênio e detectar deficiências nutricionais e de água. Além disso, a Aerofotogrametria não é afetada por obstáculos como nuvens ou fumaça resultante da queima de vegetação. A aplicação da aerofotogrametria por meio de drones proporciona maior liberdade aos pesquisadores, permitindo que eles colem dados no momento que considerarem mais adequado, sem depender de condições externas que possam prejudicar a coleta de informações.

Matos (2010) enfatiza que a implementação dos benefícios mencionados contribuiu significativamente para a melhoria e otimização da produção agrícola, resultando na utilização mais eficiente de insumos e na redução dos impactos negativos no meio ambiente. Para além, esses avanços tendem a aumentar a produtividade das lavouras, simplificar a comunicação entre produtores, operadores, administradores e agrônomos por meio do uso de dispositivos móveis e ferramentas de *internet*. Por fim, essa evolução resulta no aumento da renda dos produtores, uma vez que a qualidade da produção agrícola é aprimorada.

Matos (2010) também ressalta que, no que diz respeito aos desafios enfrentadas no agronegócio brasileiro, existem dois fatores que limitam o avanço da modernização nas lavouras. Um deles está relacionado à complexidade da integração e compatibilidade entre as diversas soluções e sistemas digitais disponíveis para os produtores. A outra dificuldade significativa está relacionada à falta de capacitação do capital humano, o que se traduz em baixos níveis de profissionalização na gestão das atividades agrícolas e na escassez de mão de obra qualificada para lidar com as novas tecnologias.

Segundo as observações de Galvão (2014), para manter a posição de destaque do agronegócio brasileiro nos próximos anos, é de suma importância que a gestão pública esteja atenta às demandas regulatórias que surgem com a nova realidade. Essa gestão deve estar alinhada com as mudanças tecnológicas e estar preparada para implementar as adaptações necessárias para acompanhar o desenvolvimento tecnológico crucial para o Brasil.

Todavia, o autor enfatiza a importância de criar mecanismos contínuos de incentivo e apoio para promover a disseminação de novas tecnologias no campo e

para aprimorar a capacitação profissional da mão de obra rural. Essas ações visam fortalecer a colaboração entre o setor público e privado e otimizar o aproveitamento de recursos em prol da revolução tecnológica no agronegócio brasileiro.

Contudo, Mondin (2019) nota que a integração de tecnologias e soluções interconectadas no campo resulta na geração de uma vasta quantidade de dados. Esses dados podem abranger não apenas métricas relacionadas ao agronegócio, mas também informações sobre os indivíduos que operam nesse setor.

Parte desse destaque pode ser observado pelo crescente surgimento de *startups* no país. De acordo com dados da Organização *Startup-Base* (2019), que é a fonte oficial de informações sobre o ecossistema de *startups* brasileiro, o Brasil já conta com mais de 13.000 *startups*, e aproximadamente 3.600 delas foram fundadas nos últimos dez anos. É interessante notar que o setor de agronegócio figura como o sexto colocado no *ranking* das áreas de atuação mais exploradas por essas empresas, estando atrás apenas de segmentos mais tradicionais, como educação, finanças, saúde e bem-estar, e *internet*. Segundo a mesma fonte, cerca de 41% dessas *startups* adotam o modelo de negócios *SaaS* (*Software as a Service*, ou *Software* como Serviço), oferecendo soluções baseadas em dados para um público-alvo composto, em sua maioria, por outras empresas (conforme os dados levantados, 75% das *startups* analisadas direcionam seus produtos ou serviços para o mercado empresarial) (Mondin, 2019).

De acordo com GeoAgri (2018), os dados coletados apenas confirmam o cenário já conhecido: um grande número de empresas que se dedicam a soluções tecnológicas, muitas delas centradas em informática (*softwares*, seja com ou sem a combinação de *hardwares*), que essencialmente dependem da entrada de dados para realizar as análises propostas. Esse cenário está cada vez mais voltado para o setor do agronegócio, que tem recebido uma atenção crescente.

Seja a obtenção dos dados necessários para impulsionar as soluções tecnológicas provida pelos próprios usuários ou através de dispositivos posicionados em diferentes locais das áreas de produção agropecuária, é inegável que essas soluções têm o potencial de coletar uma quantidade vasta de informações dessas zonas de produção, assim como das pessoas envolvidas. Esse fenômeno é comumente referido como *Big Data*, caracterizando-se por um volume substancial de dados adquiridos de diversas maneiras, transmitidos a altas velocidades e apresentando uma variedade considerável de formatos (GeoAgri, 2018).

Esses formatos podem variar desde dados estruturados, que são informações inseridas em sistemas ou armazenadas em bancos de dados tradicionais, até dados não estruturados, que incluem informações contidas em documentos como texto, e-mails, vídeos, áudios, transações financeiras e outros tipos de dados que não são facilmente mapeados. Entretanto, é importante ressaltar que, apesar da relevância da quantidade de dados coletados, a principal preocupação deve estar centrada no tratamento eficiente dessas informações (Rodrigues Thoran, 2019).

Conforme Bianchini (2015), a agricultura de precisão, como exemplo, faz uso de diversos sensores para avaliar diferentes aspectos, como a qualidade do solo, a atmosfera e a presença de pragas, entre outras métricas. Essas informações são posteriormente utilizadas para fornecer ao produtor rural orientações valiosas, ajudando-o a tomar decisões informadas e a gerenciar seus recursos de maneira eficiente. Da mesma forma, o sistema de suporte à decisão pode ser combinado com dispositivos interconectados, para coletar um volume ainda maior de informações relevantes e até mesmo implementar as decisões recomendadas. Independentemente, todas essas soluções que visam otimizar a produção e o uso de recursos têm em comum uma base fundamental: o aproveitamento dos dados coletados e/ou inseridos nos sistemas como benefícios da tecnologia.

Apesar das legítimas preocupações em relação ao uso dos dados, é inegável que a maioria das soluções tecnológicas oferecidas depende fundamentalmente desses dados. Sem as informações adequadas, essas soluções não conseguem fornecer os benefícios que prometem (Bianchini, 2015).

A implantação de tecnologias e inovações tem o potencial de causar um impacto positivo em várias áreas do agronegócio, beneficiando não apenas os atuantes do setor, mas também a sociedade em geral. No entanto, promover a inovação e a digitalização de processos e informações pode desencadear consequências ou fatores dignos de consideração, para os quais a implementação dessas novas tecnologias pode não ser lógica ou ideal. Dentre os argumentos mais enfatizados ao discutir os proveitos da agricultura 4.0, destacam-se os seguintes (Pompeu; Careta, 2020): incremento da eficiência produtiva; alocação adequada de recursos; ajuste às variações climáticas; diminuição do descarte de alimentos.

A adoção de tecnologias e inovações também tem o potencial de auxiliar a indústria agrícola na sua adaptação às mudanças climáticas, uma vez que esta é uma das áreas mais impactadas pelas consequências das mudanças no clima.

Adicionalmente, a agricultura é uma das principais indústrias fontes de emissões de gases de efeito estufa, que contribuem significativamente para a poluição ambiental.

Sem a adoção de práticas e métodos mais sustentáveis, a indústria agrícola poderá enfrentar perdas consideráveis na produção e na eficiência, além de contribuir para o desperdício de alimentos, o que também aumentaria os desafios relacionados à segurança alimentar global (Batinga *et al.*, 2021).

Para Silva e Demo (2020), todos os desafios globais enfrentados pela indústria podem ser mitigados por meio da adoção de tecnologias avançadas. Essas tecnologias permitem a coleta extensiva e o armazenamento de dados provenientes de diversas áreas e perspectivas, o que viabiliza uma previsão mais precisa dos potenciais riscos que os participantes da indústria podem enfrentar. Ademais, facilitam o processo de tomada de decisões, pois não se baseiam mais apenas em informações limitadas, pesquisas e experiências passadas, mas sim em dados e análises específicas e em tempo real, adaptadas às condições locais e à área de atuação.



Figura 01: ilustração da comunicação dos drones com maquinários.

Fonte: defrentealcampo.com.ar (2018).

4 LOGÍSTICA NO AGRONEGÓCIO

Segundo o *Council of Supply Chain Management Professionals - CSCMP* (2019), a gestão logística é uma componente essencial da cadeia de suprimentos,

encarregada de planejar, executar e monitorar o fluxo e o armazenamento de bens, serviços e informações associadas à produção, desde a sua origem até o seu destino final junto ao consumidor. Esse campo da gestão logística pode ser subdividido em duas partes distintas: a Logística de Abastecimento, também chamada de Logística Interna, que abrange todas as atividades relacionadas à aquisição de matérias-primas e à manufatura dos produtos acabados; e a Logística Externa, que compreende a distribuição física dos produtos acabados até chegar aos consumidores finais (Reis *et al.*, 2015).

No contexto da logística interna no agronegócio, que engloba as operações realizadas "da porteira para dentro", o enfoque está nas atividades produtivas mecanizadas que abrangem todo o ciclo de produção agrônoma. Isso inclui desde a aquisição de insumos, o preparo do solo, o plantio, as operações de pulverização até a colheita, entre outras etapas que asseguram a produção no setor.

A ausência de manutenção adequada das máquinas e a falta de habilidade por parte dos operadores são apontadas como as principais causas de avarias em operações mecanizadas. Campos *et al.* (2009), Reis *et al.* (2005) e Neto *et al.* (2015) concordam com essa afirmação, destacando que a manutenção deficiente pode resultar em uma redução na vida útil das máquinas, enquanto a manutenção apropriada minimiza perdas devido a paradas eventuais para correções durante a operação.

Quando se busca aprimorar a logística no agronegócio, é essencial considerar as particularidades desse setor. Entre essas especificidades, destaca-se a necessidade de lidar com incertezas e sazonalidades, uma vez que os produtos agrícolas são suscetíveis a variações tanto em termos de quantidade quanto de qualidade, além de possuírem um curto tempo de validade. Contudo, os preços dos produtos agrícolas tendem a ser voláteis devido às safras e entressafras, o que cria um ambiente comercial complexo, muitas vezes afetado por intermediários e práticas arraigadas (Martins *et al.*, 2005).

Considerando o atual padrão de consumo e o contínuo crescimento populacional, a indústria agrícola poderá enfrentar desafios em fornecer alimentos em quantidade suficiente para atender às necessidades da população mundial (Batinga *et al.*, 2021). A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) projeta que os agricultores terão que aumentar sua produção em até 70% para acompanhar a crescente demanda (Silva; Demo, 2020). Entretanto, o aumento da

produtividade é essencial para atender à demanda por alimentos em maior quantidade e qualidade, o que beneficia o setor de agronegócio, especialmente no contexto brasileiro (Rossi; Adaguinario; Tonial, 2021).

Tais desafios ressaltam a importância dos produtores adotarem abordagens e tecnologias modernas em vez de métodos tradicionais, visando garantir a sustentabilidade da agricultura. As tecnologias que fazem parte da agronomia 4.0 possibilitam que o setor aumente sua produção sem a necessidade de recorrer a mais recursos, como terra, mão de obra ou outros recursos naturais ou produtivos (Pompeu; Careta, 2020).

4.1 LOGÍSTICA 4.0 NO AGRONEGÓCIO: A TECNOLOGIA NA EFICIÊNCIA OPERACIONAL

A logística 4.0 é conceituada como uma extensão da indústria 4.0, conforme a explicação de Glistau e Machado (2018). Em outras palavras, a logística 4.0 representa uma abordagem inteligente da logística que se baseia em sistemas *cyber-físicos* e Internet das Coisas (IoT).

Wang (2016) ressalta que a evolução da logística tem sido impulsionada pela demanda do mercado e tem acompanhado o crescimento da indústria. Nesse contexto, observa-se a transição da logística 3.0, que se baseia principalmente na implementação de *softwares* de gestão, incluindo sistemas de gerenciamento de armazenamento (WMS) e sistemas de gerenciamento de transporte (TMS), para a logística 4.0, que se apoia em estruturas inteligentes interconectadas. Embora ainda não estejam completamente integradas, autônomas e auto-gerenciáveis, essa transição representa uma tendência significativa (Wang, 2016).

A logística 4.0 apresenta diversas características distintivas, conforme destacado por Wang (2016):

Identificação Automática: A capacidade de identificar automaticamente os elementos da cadeia de suprimentos;

Localização em Tempo Real: A habilidade de rastrear e monitorar a localização dos ativos e produtos em tempo real;

Deteção Inteligente: Utilização de sensores inteligentes, como aqueles que monitoram temperatura e umidade, para coletar informações relevantes;

Rede de Internet Sem Fio (5G): O uso esperado da rede 5G para permitir uma

conectividade mais rápida e confiável;

Análise de Grande Quantidade de Dados: A capacidade de analisar grandes volumes de dados para obter *insights* valiosos e tomar decisões embasadas;

Comércio Orientado a Serviços: A orientação do comércio para serviços, que enfatiza a entrega de valor e soluções personalizadas para os clientes.

Ainda, a conectividade desempenha um papel central na logística 4.0, onde a Internet desempenha um papel fundamental na facilitação da comunicação entre os dispositivos inteligentes. No entanto, os tipos de conectividade mais comuns, como banda larga e 4G, não foram originalmente projetados para suportar a grande quantidade de dispositivos que estão previstos para serem integrados no sistema, sem sofrer perdas de qualidade. Uma solução para essa demanda crescente é a aguardada implantação da tecnologia 5G, que se espera que resolva essa limitação e forneça a conectividade necessária (Ferracioli; Tanaka, 2018).

A falta de infraestrutura é um dos principais desafios para garantir o acesso à conectividade da internet no meio rural, seguido pela questão da inclusão digital, uma vez que há uma escassez de conteúdo específico disponível *online* para a comunidade rural (Viero; Souza, 2008). De acordo com Larose *et al.* (2007), esses fatores desestimulam o interesse de investidores do setor privado nesse segmento, o que representa um obstáculo para o desenvolvimento de sistemas *cyber*-físicos no campo.

Nesse segmento, a Internet das Coisas (IoT), segundo Galeale *et al.* (2016), é uma inovação tecnológica que se baseia em artefatos inteligentes. A IoT engloba a capacidade de comunicação entre praticamente qualquer objeto na Terra, por meio de dispositivos inteligentes, transformando cada objeto em um nó de comunicação em uma determinada rede conectada à internet (Quiceno *et al.*, 2016).

Sacomano, Gonçalves e Sátyro (2018) identificam os principais fatores que representam limitações para a adoção em larga escala dessa tecnologia, os quais devem ser considerados antes de sua implementação. Esses fatores incluem:

Ferramentas: É determinante que os preços dos componentes de *hardware* continuem a diminuir para tornar viável a ampla aplicação da IoT;

Interoperabilidade: Deve-se estabelecer padrões que permitam a comunicação eficiente entre dispositivos de diferentes fabricantes;

Privacidade e Confidencialidade: A proteção dos dados gerados pela IoT deve ser uma prioridade em constante evolução;

Segurança: Dispositivos conectados à rede podem representar vulnerabilidades e devem ser protegidos contra acessos não autorizados;

Propriedade Intelectual: A questão de quem detém os dados gerados pela rede precisa ser definida claramente;

Organização e Talentos: Empresas e seus funcionários devem se adaptar ao novo modelo da IoT, o que exigirá esforço e treinamento;

Políticas Públicas: É necessário estabelecer responsabilidades por eventuais danos, como os causados por veículos autônomos, por exemplo.

O setor agrícola tem experimentado significativos avanços na adoção da tecnologia da informação (TI), incorporando melhorias nos sistemas de comunicação, sensores integrados aos equipamentos agrícolas, sistemas de posicionamento global e gestão de dados, entre outros (Ferrasa; Biaggioni; Dias, 2010). Conforme apontado por Quiceno *et al.* (2016), a implementação da Internet das Coisas (IoT) no agronegócio tem proporcionado resultados notáveis, possibilitando o aumento da produção de alimentos com uma utilização mais eficiente dos recursos disponíveis.

Cumprir frisar que a Computação em Nuvem é uma das soluções tecnológicas mais amplamente adotadas, devido à sua flexibilidade e escalabilidade significativas. A computação em nuvem é caracterizada como um ambiente de rede que se baseia no compartilhamento de recursos, sendo sua principal vantagem a capacidade de disponibilizar informações e recursos de forma contínua, em qualquer lugar e a qualquer momento em que haja uma conexão à internet (Quiceno *et al.*, 2016).

Bem como os Sistemas *Cyber*-Físicos também merecem destaque. Essa abordagem envolve a representação do ambiente físico no ambiente virtual, com o propósito de controlar e monitorar objetos em tempo real (Petroni; Glória Júnior; Gonçalves, 2018). De acordo com Wang (2016), a logística 4.0 depende fundamentalmente de uma infraestrutura baseada em Sistemas *Cyber*-Físicos (CPS), conforme ilustrado na Figura 1.

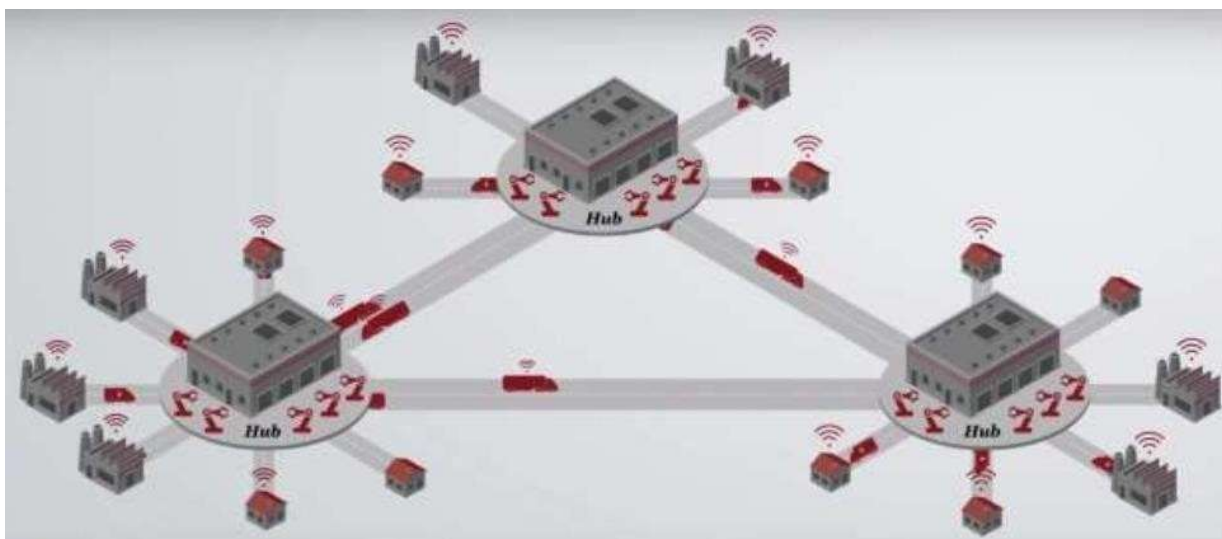


Figura 2: Exemplo de uma área logística 4.0.

Fonte: Adaptado de Strategy& (2018).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora ainda há um longo caminho a percorrer em direção a uma gestão agrícola mais eficiente com o auxílio da tecnologia, é igualmente importante destacar que a revolução tecnológica que tem permeado o agronegócio brasileiro nas últimas décadas trouxe consigo uma série de impactos significativos e transformações profundas. À medida que a agricultura e a pecuária abandonam gradualmente métodos tradicionais em favor de soluções tecnológicas avançadas, torna-se evidente que essas mudanças estão remodelando radicalmente o setor.

A agricultura e pecuária, que outrora dependia fortemente de métodos tradicionais, agora incorpora uma variedade de tecnologias, desde a automação até a análise de dados em larga escala, com impactos positivos na otimização da produção, redução de custos e eficácia na gestão da cadeia de suprimentos.

A presente pesquisa oferece uma visão abrangente dos impactos da tecnologia no agronegócio brasileiro, destacando os benefícios e desafios que surgem com essa evolução.

Acrescentando, neste estudo abordou-se a implementação da logística 4.0 no agronegócio, destacando como a tecnologia tem aprimorado a gestão da cadeia de suprimentos e a distribuição de produtos agrícolas. Assim, nota-se que a tecnologia não apenas otimiza as operações logísticas, mas também contribui para a garantia da

segurança alimentar e para a competitividade do agronegócio brasileiro.

Visto que os novos métodos implementados com o advento da agronomia 4.0 têm desempenhado um papel importante no aumento da produtividade, esses novos conceitos e tecnologias no campo agrícola permitem aos produtores rurais explorar abordagens inovadoras de crescimento, alinhando-se aos princípios da sustentabilidade. Através desse meio, a produção é conduzida de forma mais eficiente, com o uso otimizado de recursos e espaço físico, resultando em uma produção por hectare maximizada sem prejudicar o meio ambiente. Um foco significativo na preservação ambiental envolve a adoção de fontes de energia renovável, que desempenham um papel fundamental na implementação das novas tecnologias. Isso permite atender às demandas de energia do agronegócio, viabilizando o uso de energia elétrica em todo o território agrícola.

Para finalizar, o agronegócio brasileiro está avante da incorporação de tecnologia em suas operações, e os benefícios são evidentes. A revolução tecnológica está moldando o futuro do setor, e cabe aos atores envolvidos, incluindo produtores, empresas e governo, trabalharem juntos para garantir que o agronegócio brasileiro continue a prosperar e a contribuir de forma significativa para a economia e a segurança alimentar global.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. **Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto**. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/485005/1/Plantascobertura.pdf> Acesso em: 05 out. 2023.

AMARAL, E. D. **Tecnologia e inovação**. Instituto Federal do Norte de Minas Gerais. Montes Claros-MG, 2015. p. 103.

ÁVILA, A. F. D.; MAGALHÃES, M.C.; VEDOVOTO, G. L.; IRIAS, L. J. M.; RODRIGUES, G. S. **Impactos econômicos, sociais e ambientais dos investimentos na Embrapa**. Revista de Política Agrícola, Brasília, DF, ano 14, n. 4, p. 86-101, 2005.

BATINGA, Georgiana Luna *et al.* **Ambiguidades da indústria 4.0**. Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN), v. 5, n. 1, 2021.

BIANCHINI, Valter. **Vinte anos do PRONAF, 1995-2015: avanços e desafios**. Brasília: SAF/MDA, 2015.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/>. Acesso em: 04 out. 2023.

CAMPOS, D. S. *et al.* **Levantamento qualitativo de tratores e suas principais manutenções na região do município de Bambuí -MG**. II Semana de Ciência e Tecnologia do IFMG campus Bambuí e II Jornada Científica, 2009.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **PIB do Agronegócio brasileiro**. 2022. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em: 03 out. 2023.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **O saldo comercial do agronegócio e o crescimento da economia brasileira**. Disponível em: www.cepea.esalq.usp.br. Acesso em: 03 out. 2023.

CHALITA, Marie Anne Najm. **Desenvolvimento rural, agricultura e natureza: novas questões de pesquisa**. Agric.São Paulo, São Paulo, v. 52, n. 1, 2005, p. 97-113.

COCARO, Henri; JESUS, José Carlos dos Santos. **A agroinformática em empresas rurais: algumas tendências**. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, XLVI, Rio Branco, AC. Ciência, Pesquisa e Transferência de Tecnologia, Lavras, MG, 2008.

COELHO, A. M. **Agricultura de Precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e culturas**. 2005. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-depublicacoes/-/publicacao/489734/agricultura-de-precisao-manejo-da-variabilidadeespaical-e-temporal-dos-solos-e-culturas> Acesso em: 05 out. 2023.

COSTA, Maristela. **Agronegócio: O motor da economia brasileira e o dinamismo da economia paranaense**. 2006. Disponível em: www.agronline.com.br. Acesso em: 03 out. 2023.

ECOAGRO GROUP. 2017. Disponível em: <http://www.ecoagro.agr.br/agronegociobrasil/>. Acesso em: 05 out. 2023.

FARINA, E. M. M. Q. **Competitividade e coordenação de sistemas agroindustriais: um ensaio conceitual**. Gestão & Produção, v. 6, n. 3, p.147-161, dez., 1999.

FERRACIOLI, G. L.; TANAKA, S. A. **Uso da arquitetura 5G visando cidades inteligentes**. Rev. Terra & Cult., v. 34, n. especial, julho, 2018.

FERRASA, M.; BIAGGIONI, M. A. M.; DIAS, A. H. **Sistema De Monitoramento Da Temperatura E Umidade Em Silos Grane-Leiros Via Radiofrequência (Rf)**. Energia Na Agricultura, v. 25, n. 2, p. 139, 2010

FRANCISCO, Wagner de Cerqueira e. **A escola na vida do campo**. Disponível em http://www.senardf.org.br/df/documentos/processoseletivo/prova_edital_001_2013.pdf. Acessado em: out. 2023.

GALEALE, G. P. *et al.* **Internet das Coisas aplicada a negócios: Um estudo bibliométrico**. Journal of Information Systems and Technology Management, v. 13, n. 3, p. 423–438, 2016.

GALVÃO, G. M. **Precisão da mosaicagem gerada por veículo aéreo não tripulado utilizado na agricultura de precisão**. Disponível em:

[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/119194/000777898.pdf?sequence=1 &isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/119194/000777898.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 04 out. 2023.

GASQUEZ, J. G.; BASTOS, E. T.; BACCHI, M. P. R.; CONCEIÇÃO, J. C. P. R. da. **Condicionantes da produtividade da agropecuária brasileira**. Revista de Política Agrícola, Brasília, DF, ano 13, n. 3, p. 73-90, 2004.

GAZOLLA, M. **Agricultura familiar, segurança alimentar e políticas públicas: Uma análise a partir da produção para autoconsumo no território do Alto Uruguai/RS**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004, p. 287.

GAZZONI, D.L. **A sustentabilidade da soja no contexto do agronegócio brasileiro e mundial**. Londrina: Embrapa Soja. 2013. Disponível em <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/973921/1/Doc344online.pdf>. Acesso em: 03 out. 2023.

GEHLEN, I. **Pesquisa, tecnologia e competitividade na agropecuária brasileira**. Sociologias, v. 3, n. 6, 2001.

GEOAGRI. **BIG Data na agricultura de precisão**. [S. l.] 28 jan. 2018. Disponível em: <https://geoagri.com.br/blog/agricultura-de-precisao/big-data-na-agricultura-de-precisao>. Acesso em: 05 out. 2023.

IBGE. **Indicadores Agropecuários 2005: saldo da balança comercial**. Disponível em: <http://www.ibge.org.br>. Acesso em: 04 out. 2023.

MARTINS, R. S. *et al.* **Decisões estratégicas na logística do agronegócio: compensação de custos transporte-armazenagem para a soja no estado do Paraná**. Revista de Administração Contemporânea, v. 9, n. 1, p. 53–78, 2005.

MASSA. **Expansão do agronegócio e a ferrovia. 2021**. Disponível: <https://massa.ind.br/expansao-do-agronegocio/>. Acesso em: 05 out 2023.

MATOS, A. K. V. **Revolução verde, biotecnologia e tecnologias alternativas.** Cadernos da FUCAMP, Campinas v.10, n.12, p.1-17, 2010.

MATOS, P. F.; PESSOA, V. L. S. **A modernização da agricultura no Brasil e os novos usos do território.** Geo UERJ. Ano 13, nº. 22, v. 2, 2º semestre de 2011; p. 290 322 -ISSN 1981-9021. 2011.

MELLOR, John, W. **Agricultural growth - structures and patterns.** p.216-228. Disponível em: <https://ageconsearch.umn.edu/record/182449/files/IAAE-CONF-142.pdf>. Acesso em: out. 2023.

MIOR, L. C. **Agricultores familiares, agroindústrias e redes de desenvolvimento rural.** Argos, 2005.

MONDIN, Mateus; Tomé, José. **2o Censo AgTech Startups Brasil.** AgTechGarage, 2019. Disponível em: <https://agtechgarage.com/censo>. Acesso em: 06 out. 2023.

MOREIRA, Daniel Augusto; QUEIROZ, Ana Carolina S. Inovação: **Conceitos fundamentais.** In: MOREIRA, Daniel Augusto; QUEIROZ, Ana Carolina S. [Coords]. Inovação Organizacional e Tecnológica. São Paulo: Thomson Learning, 2007, p. 1-22.

NETO, A. M. *et al.* **O impacto da manutenção no custo-benefício em máquinas agrícolas após o término da garantia.** IX EPCC –Encontro Internacional de Produção Científica UniCesumar, n. 9, p. 4–8, 2015.

OTAKE, V. S. **Produtos cartográficos gerados a partir de drones e aplicações na agricultura.** Centro de Ciências Exatas Tecnológicas e Agrárias. Curso de Graduação em Agronomia. UNICESUMAR. 2017.

PELINSKI, A.; MALGARIN, M. B.; AHRENS, D. C.; MENDES, P. C. D. **A agroindustrialização da uva como alternativa para a agricultura familiar.** Acta Scientiarum. Humanand Social Sciences, v. 31, n. 1, p. 27-32, 2009.

PETRONI, B. C.; GLÓRIA JÚNIOR, I.; GONÇALVES, R. F. **Sistemas Ciber Físicos**. In: SACOMANO, J. B. et al. Org(s). *Indústria 4.0 Conceitos e Fundamentos*. São Paulo: Blucher, 2018.

POMPEU, Eduardo Festa; CARETA, Catarina Barbosa. **Industry 4.0 and Agribusiness: Survey of Applications in “Vale do Piracicaba”** *Indústria 4.0 e Agronegócio: Levantamento das Aplicações no “Vale do Piracicaba”*. In: 17th CONTECSI-International Conference on Information Systems and Technology Management Virtual. 2020.

QUICENO, D. E. G. et al. **Environmental impact of cloud computing and the internet of things**. *Producción + Limpa*, v. 11, p. 1–7, 2016.

REIS, J. G. M. *et al.* **Qualidade em Redes de Suprimentos: A Qualidade Aplicada ao Supply Chain Management**. São Paulo: Atlas, 2015

RIBEIRO, J. G; MARINHO, D. Y; ESPINOSA, J. W. M. **Agricultura 4.0: desafios à produção de alimentos e inovações tecnológicas**. In: Simpósio de Engenharia de Produção. 2018. p. 1-7.

RODRIGUES, Nadir. **Embrapa Informática Agropecuária leva tecnologias a agricultores familiares**. In: Embrapa Informática Agropecuária. 2010.

RODRIGUES, Thoran. **Tendências do Big Data para 2019**, 2019. Bigdata Corp. Disponível em: <https://bigdatacorp.com.br/blog/index.php/2019/01/21/tendencias-do-big-data-para-2019>. Acesso em: 03 out. 2023.

ROSSI, Camila; ADAGUINARIO, Leticia; TONIAL, Graciele. **Competências e habilidades dos colaboradores da indústria 4.0 no setor do agronegócio**. Seminário de Iniciação Científica e Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão, p. e28668-e28668, 2021.

SACOMANO, J. B.; GONÇALVES, R. F.; SÁTYRO, W. C. **Internet das Coisas (IoT)**. In: SACOMANO, J. B. et al. Org(s). *Indústria 4.0 Conceitos e Fundamentos*. São

Paulo: Blucher, 2018.

SALEH, Abdala Mohamed. **Agronegócio: uma visão do consumo responsável**. Terra, v. 1, n. 2, p. 3, 2019.

SILVA, J. M. P.; CAVICHIOLI, F. A. **O uso da agricultura 4.0 como perspectiva do aumento da produtividade no campo**. Revista Interface Tecnológica, v. 17, n. 2, p. 616-629, 2020.

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

STEFANELO, E. **O agronegócio Mundial e Brasileiro**. SãoPaulo, 2012.

STRATEGY&. **Trucking 4.0: An autonomous vehicle ecosystem**, 2018. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=94cvD_rnQts. Acesso em: 06 out. 2023.

VIERO, V. C.; SOUZA, R. S. **Comunicação rural on line : promessa de um mundo sem fronteiras**. XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia rural, 2008.

WANG, K. **Logistics 4.0 Solution**. International Workshop of Advanced Manufacturing and Automation, v. 13, n. 2, p. 7, 2016.