

CAPÍTULO 4

O SURGIMENTO DOS FIAGROS IMPULSIONADOS PELO USO DA TECNOLOGIA NO AGRONEGÓCIO



<https://doi.org/10.22533/at.ed.835152512064>

Data de aceite: 17/06/2025

Nailton Silva Dos Santos

RESUMO: Os Fundos de Investimento das Cadeias Agropecuárias (FIAGROS) surgiram como um instrumento inovador para a captação de recursos destinados ao agronegócio brasileiro, viabilizando investimentos tanto em imóveis rurais quanto em operações agroindustriais. Paralelamente, a digitalização do setor tem impulsionado a adoção de diversas tecnologias, dentre elas destacam-se: a Inteligência Artificial (IA), Internet das Coisas (IoT) e Agricultura 4.0. Este estudo tem como objetivo analisar a relação entre o avanço tecnológico e a expansão dos FIAGROS, destacando os impactos da digitalização na captação de recursos, na transparência das operações financeiras e na sustentabilidade do agronegócio. Por meio de uma pesquisa de caráter bibliográfico e análise qualitativa dos dados, são investigadas as principais ferramentas tecnológicas aplicadas à gestão desses fundos, bem como os desafios e oportunidades envolvidos na modernização do setor agropecuário. Os resultados demonstram que a incorporação de soluções digitais aprimora a rastreabilidade,

a previsibilidade dos investimentos e a eficiência produtiva no campo, tornando os FIAGROS um mecanismo atrativo para investidores nacionais e internacionais. No entanto, desafios estruturais ainda limitam a plena adoção dessas inovações, especialmente em propriedades de médio e pequeno porte, onde a conectividade no meio rural e a capacitação profissional ainda representam entraves significativos. Conclui-se que o avanço contínuo das tecnologias aplicadas ao agronegócio, aliado a uma regulamentação sólida e a investimentos em infraestrutura digital, será determinante para consolidar os FIAGROS como um dos principais instrumentos financeiros do setor, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e competitivo do agronegócio brasileiro.

PALAVRAS-CHAVES: FIAGROS. Agronegócio. Análise de Dados. Inteligência Artificial. Internet das Coisas (IoT).

INTRODUÇÃO

O financiamento do agronegócio brasileiro tem passado por transformações significativas nos últimos anos, impulsionado pela necessidade de

modernização e ampliação da capacidade produtiva do setor. Nesse contexto, os Fundos de Investimento nas Cadeias Produtivas Agroindustriais (FIAGROS) surgiram como um mecanismo inovador para a captação de recursos destinados a investimentos no agronegócio, representando uma alternativa eficiente aos modelos tradicionais de crédito agrícola. Com a crescente demanda por financiamento e a evolução tecnológica, os FIAGROS passaram a desempenhar um papel estratégico na estruturação do setor agropecuário, possibilitando a participação de investidores institucionais e individuais.

Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo investigar como a tecnologia tem sido um fator determinante na expansão dos FIAGROS e quais impactos essa transformação tem gerado no desenvolvimento sustentável do agronegócio. A digitalização do setor, aliada ao avanço de ferramentas tecnológicas como Inteligência Artificial (IA), Internet das Coisas (IoT) e Agricultura 4.0, tem contribuído para aprimorar a gestão dos investimentos, ampliar a transparência financeira e otimizar a eficiência operacional no campo. Assim, torna-se essencial compreender a interseção entre inovação tecnológica e modelos de financiamento agrícola.

Nesse sentido, este estudo busca analisar a relação entre o surgimento dos FIAGROS e a adoção da tecnologia no agronegócio brasileiro. Para isso, investiga os impactos da digitalização na captação de recursos, avalia as principais inovações tecnológicas aplicadas à gestão dos FIAGROS e identifica os desafios e oportunidades envolvidos na implementação dessas ferramentas no setor agropecuário. Além disso, pretende-se responder à seguinte problemática de pesquisa: De que maneira a digitalização e as inovações tecnológicas estão impactando o desempenho, a segurança e a atratividade dos FIAGROS no financiamento do agronegócio brasileiro?

A relevância deste estudo se justifica pelo impacto econômico do agronegócio no Brasil e pela crescente necessidade de inovação para garantir produtividade e sustentabilidade ao setor. O avanço das tecnologias digitais tem sido um fator-chave para otimizar a alocação de recursos, reduzir riscos financeiros e aumentar a transparência nas operações agropecuárias. Além disso, a modernização dos instrumentos de financiamento, como os FIAGROS, possibilita que pequenos e grandes investidores diversifiquem seus portfólios e participem do crescimento do agronegócio de maneira mais eficiente e segura.

A pesquisa adotou uma abordagem bibliográfica, baseada na análise crítica de artigos científicos, relatórios setoriais e documentos financeiros que investigam a implementação dos FIAGROS e o impacto das novas tecnologias na gestão agropecuária. No que se refere à fundamentação teórica, este estudo se apoia em autores que analisam o impacto da tecnologia no agronegócio, como Massruhá *et al.* (2020), Pontes *et al.* (2019) e Silva e Cavichioli (2020), dentre outros estudiosos da área. Também são consideradas pesquisas sobre a regulamentação e funcionamento dos FIAGROS, abordadas por Boechat (2024) e na legislação brasileira. Esses referenciais permitem uma abordagem crítica sobre as potencialidades e desafios do financiamento agropecuário no Brasil, especialmente no que se refere ao impacto da digitalização.

Este trabalho está estruturado em três partes. A primeira parte apresenta um panorama sobre os FIAGROS e sua relevância no financiamento do agronegócio brasileiro, abordando sua regulamentação e funcionamento. A segunda parte discute as tecnologias aplicadas à gestão desses fundos, com ênfase na Inteligência Artificial, Internet das Coisas (IoT) e Agricultura 4.0, destacando seus impactos na eficiência e segurança dos investimentos. A terceira parte analisa os desafios e oportunidades na implementação tecnológica no setor agropecuário, considerando aspectos como infraestrutura digital, conectividade e capacitação profissional. Por fim, o estudo apresenta os resultados obtidos a partir da análise desenvolvida, sintetizando os principais achados e apontando perspectivas para o aprimoramento dos FIAGROS no Brasil.

1 OS FIAGROS E A TRANSFORMAÇÃO DO FINANCIAMENTO AGROPECUÁRIO NO BRASIL

O agronegócio no Brasil é uma das principais bases da economia nacional, tendo sua história econômica fortemente ligada à exploração de recursos naturais desde o período colonial. No século XVI, a extração do pau-brasil foi uma das primeiras atividades comerciais desenvolvidas pelos colonizadores portugueses no território que hoje corresponde ao Brasil (Luiz, 2016).

Vale ressaltar que o agronegócio brasileiro desempenha um papel fundamental na economia nacional, sendo responsável por grande parte da produção e exportação de commodities agrícolas, pois “Dentro de um ponto de vista econômico, o agronegócio é uma conjunção de negócios relacionados à agricultura e pecuária” (Luiz, 2016, p. 14). Com o crescimento da demanda global por alimentos e biocombustíveis, o setor agropecuário passou por um intenso processo de modernização, incorporando novas tecnologias para aumentar a produtividade e melhorar a eficiência da gestão dos recursos.

Posteriormente, a economia colonial foi estruturada em torno da monocultura da cana-de-açúcar, com um sistema de plantação baseado na exploração de mão de obra escravizada e voltado para o mercado externo. O desenvolvimento do setor agropecuário acompanhou as transformações históricas do Brasil, passando por ciclos econômicos distintos, como a cafeicultura e, mais recentemente, a agroindústria de alta tecnologia.

A partir das décadas de 1970 e 1990, o avanço tecnológico proporcionou mudanças significativas no agronegócio brasileiro, permitindo a ocupação de novas áreas e a ampliação da diversidade de produtos agropecuários. Esse desenvolvimento resultou no aumento da competitividade do país no mercado global, tornando-o um dos principais exportadores de produtos agropecuários (Luiz, 2016).

Nesse contexto, novas formas de financiamento foram desenvolvidas para impulsionar o crescimento do setor, entre elas os FIAGROS, que representam um modelo inovador de captação de recursos voltados para o agronegócio.

Os Fundos de Investimentos das Cadeias Agropecuárias, ou simplesmente Fiagros, têm tido uma rápida captação de investidores, que neles buscam a extração de rendimentos oriundos da capitalização, na Bolsa de Valores de São Paulo (B3), de títulos de direitos creditórios, de participações em empresas e de direitos imobiliários relacionados ao agronegócio. (Boechat, 2024, p. 2).

Deste modo, a Lei nº 14.130, de 29 de março de 2021, instituiu os Fundos de Investimento nas Cadeias Produtivas Agroindustriais (FIAGROS) e alterou a Lei nº 8.668/1993, originalmente destinada aos fundos imobiliários. O artigo 1º da legislação estabelece que “são instituídos os Fundos de Investimento nas Cadeias Produtivas Agroindustriais (Fiagro)” (Brasil, 2021, n.p.). Esses fundos têm como objetivo permitir a captação de recursos voltados para investimentos no agronegócio, possibilitando a aplicação em uma série de ativos relacionados ao setor.

O artigo 20-A especifica que os FIAGROS podem ser constituídos para investimento em diferentes ativos, como “imóveis rurais; participação em sociedades que explorem atividades integrantes da cadeia produtiva agroindustrial; ativos financeiros, títulos de crédito ou valores mobiliários emitidos por pessoas físicas e jurídicas que integrem a cadeia produtiva agroindustrial” (Brasil, 2021, n.p.). Além disso, a lei permite o investimento em direitos creditórios do agronegócio e títulos de securitização, incluindo certificados de recebíveis do agronegócio (CRA) e cotas de fundos de investimento que apliquem em tais ativos.

A legislação também confere aos FIAGROS flexibilidade na gestão de imóveis adquiridos. O §1º do artigo 20-A dispõe que “os FIAGRO poderão arrendar ou alienar os imóveis rurais que venham a adquirir” (Brasil, 2021, n.p.), o que proporciona uma maior mobilidade ao capital investido e amplia as oportunidades de negócios dentro do setor agropecuário.

A evolução do financiamento agropecuário está intrinsecamente ligada à incorporação de novas tecnologias. Nesse contexto, a compreensão da evolução histórica desses avanços torna-se essencial. A introdução das redes 4G no Brasil a partir de 2012 representou um marco na conectividade, proporcionando maior eficiência na transmissão de dados e possibilitando a adoção de ferramentas digitais no campo. Mais recentemente, a implementação do 5G, iniciada em 2022, ampliou significativamente essas possibilidades, oferecendo menor latência, maior velocidade e capacidade de integração de dispositivos conectados, viabilizando soluções digitais avançadas para o agronegócio.

A expansão das redes 4G e 5G, aliada à introdução de soluções via satélite como a Starlink, tem potencial para transformar profundamente o agronegócio brasileiro. Segundo Vaz (2024), a Starlink é uma empresa que possui uma extensa constelação de satélites LEO que possibilita ao usuário o acesso via Internet a streamings, jogos online, chamadas de vídeo e outras aplicações que requerem alta taxa de transmissão e baixa latência, independente de sua localização geográfica. Essa conectividade aprimorada é fundamental para expandir o uso de tecnologias de ponta no setor rural, eliminando barreiras de infraestrutura e promovendo maior eficiência operacional.

O acesso à internet de alta velocidade e baixa latência é essencial para viabilizar o uso de tecnologias avançadas, como sensores de precisão, sistemas de automação e análise preditiva baseada em big data. Como descrito no trabalho de Vaz (2024), “As antenas da Starlink precisam receber e enviar dados aos satélites. Por usarem satélites LEO, é preciso que as antenas rastreiem a movimentação do satélite para receber o sinal sem interrupções” (Vaz, 2024, p. 30). Esse avanço na infraestrutura digital é um fator determinante para a modernização do setor agropecuário, promovendo maior competitividade no mercado global e permitindo o aprimoramento da rastreabilidade e da transparência financeira dos investimentos.

A adoção de soluções digitais tem impulsionado avanços significativos na gestão financeira, na transparência das operações e na previsibilidade dos investimentos no setor agropecuário. A digitalização não apenas reforça a segurança das transações, mas também amplia o acesso a informações estratégicas, permitindo que produtores e investidores tomem decisões mais embasadas e contribuam para a sustentabilidade econômica do agronegócio.

Os FIAGROS apresentam vantagens fiscais que os tornam uma opção atrativa para investidores, incluindo a isenção do Imposto de Renda sobre dividendos para pessoas físicas, desde que cumpram os critérios legais, como a pulverização da base de cotistas. Além disso, um dos principais diferenciais desses fundos é a possibilidade de diferimento do Imposto de Renda sobre o ganho de capital quando as cotas são integralizadas com imóveis rurais, proporcionando maior flexibilidade tributária e planejamento estratégico.

Com um modelo inovador e flexível de captação de recursos, os FIAGROS representam uma solução estratégica para o financiamento do agronegócio, aliando inovação financeira e tecnológica para impulsionar o crescimento sustentável do setor no Brasil.

2 TECNOLOGIAS APLICADAS NA GESTÃO DOS FIAGROS

A regulamentação dos FIAGROS aliada ao avanço da digitalização no setor agropecuário tem contribuído para aumentar a transparência e a eficiência na gestão desses fundos. O uso de plataformas digitais e soluções tecnológicas avançadas tem sido apontado como um fator essencial para otimizar os processos de investimento, garantindo maior rastreabilidade e segurança nas transações financeiras. Assim, os FIAGROS emergem como um mecanismo inovador para fortalecer o financiamento do agronegócio brasileiro, promovendo sustentabilidade e eficiência operacional.

Apesar da atratividade dos FIAGROS como instrumento de investimento, há uma importante dimensão financeira a ser considerada.

Como destaca Boechat (2024, p. 3):

Embora possa haver uma percepção de que a compra de cotas de Fiagros represente a aquisição de parcelas de ações dessas firmas do agronegócio, na verdade há a compra de parcelas das dívidas dessas empresas, seja com capital de custeio ou com o próprio capital fixado em terras, interpondo-se um circuito de endividamento privado financeiro novo nessas cadeias produtivas. Não se trata de um investimento direta e exatamente em commodities, mas nas dívidas necessárias para a produção de commodities, representando, portanto, diante das flutuações do mercado, das incertezas climáticas, econômicas e jurídicas, uma arriscada gestão das dívidas acumuladas.

Esse aspecto evidencia que, além das vantagens fiscais e estruturais, os FIAGROS também inserem os investidores em um contexto de risco associado à volatilidade do agronegócio e à necessidade constante de capitalização.

A gestão dos FIAGROS tem se beneficiado da implementação de diversas tecnologias, como a Inteligência Artificial (IA), a Internet das Coisas (IoT) e os avanços da Agricultura 4.0, que possibilitam maior eficiência, precisão e transparência na administração dos investimentos agropecuários.

A evolução da agricultura pode ser dividida em diferentes estágios tecnológicos. Segundo Sordi e Vaz (2020), o Agro 1.0 foi caracterizado por um modelo rudimentar, baseado na mão de obra manual e no uso de tração animal, limitando a produtividade e restringindo a produção ao consumo próprio. No entanto, a partir da década de 1950, ocorreu a transição para o Agro 2.0, com a introdução de máquinas agrícolas e a modernização das técnicas de cultivo. A Revolução Verde trouxe inovações como o uso de fertilizantes, sementes geneticamente modificadas e defensivos agrícolas, impulsionando um salto na produção e na eficiência operacional (Silva *et al.*, 2020).

O Agro 3.0, por sua vez, marcou o início da automação e da coleta de dados digitais para otimizar a produtividade. Essa fase inaugurou a chamada agricultura de precisão, permitindo uma gestão mais eficiente dos insumos agrícolas e aprimorando as técnicas de plantio e colheita (Embrapa, 2020). Nesse contexto, a Sociedade Internacional de Agricultura de Precisão define a agricultura de precisão como:

[...] uma estratégia de gestão que coleta, processa e analisa dados temporais, espaciais e individuais e os combina com outras informações para apoiar as decisões de gerenciamento de acordo com a variabilidade estimada para melhorar a eficiência no uso de recursos, produtividade, qualidade, rentabilidade e sustentabilidade da produção agropecuária (Springer, 2020, p. 1).

Todavia, o Agro 4.0, também conhecido como agricultura digital, representa a fase mais avançada da inovação no campo. Combinando o uso de sensores, softwares e análise de dados em tempo real, essa abordagem possibilita decisões mais assertivas, aumentando a eficiência produtiva e reduzindo desperdícios (Massruhá *et al.*, 2020). A automação agrícola, aliada ao uso de sistemas inteligentes, visa otimizar a gestão dos recursos naturais, diminuindo o impacto ambiental e tornando a produção mais sustentável (Santana *et al.*, 2019).

De acordo com Clercq *et al.* (2018), a quarta revolução nos campos deve considerar todos os agentes envolvidos no setor agrícola, assegurando que os produtores rurais agreguem valor à sua produção sem comprometer os recursos ambientais. Os autores ressaltam que essa nova fase da agricultura busca equilibrar produtividade e sustentabilidade, promovendo práticas mais eficientes e menos agressivas ao meio ambiente. Nesse contexto, o redesenho da cadeia de valor do setor agropecuário é essencial para garantir um crescimento sustentável e a longo prazo.

A revolução tecnológica no agronegócio se reflete no uso de equipamentos de última geração, como tratores autônomos, drones para monitoramento de lavouras e irrigação, sistemas de telemetria para otimização do uso de insumos, sensores inteligentes para análise do solo e clima, além de avanços na biotecnologia, como sementes geneticamente modificadas e bioinsumos voltados para a melhoria da produtividade e sustentabilidade agrícola.

Como destaca Padilha Júnior (2004), essa transformação se caracteriza pelo:

(...) O uso do que há de mais evidente em matéria de inovação para o campo: tratores, máquinas e implementos, colheitadeiras de última geração rodando pelas fazendas brasileiras: cultivo mínimo, plantio direto, variedades novas, fórmulas diferentes de fertilizantes e defensivos, transferência de embriões, agricultura de precisão e o uso crescente da biotecnologia, o que equipara nossos produtores aos melhores do mundo (Padilha Júnior, 2004, p. 45).

A incorporação dessas tecnologias aos FIAGROS potencializa a captação de investimentos no setor agropecuário, promovendo um modelo de financiamento mais seguro e eficiente. A digitalização dos processos financeiros, aliada ao monitoramento contínuo das atividades agropecuárias, amplia a transparência nas operações e fortalece a previsibilidade dos retornos financeiros.

Além disso, o uso de ferramentas analíticas avançadas, como algoritmos preditivos e big data, possibilita a antecipação de riscos e oportunidades de investimento, proporcionando maior segurança aos investidores. Com essa estrutura inovadora, os FIAGROS se consolidam como uma alternativa promissora para a diversificação dos investimentos no agronegócio, integrando tecnologia e gestão financeira de forma estratégica para impulsionar o crescimento sustentável do setor.

2.1 Inteligência Artificial (IA) no Agronegócio e na Gestão dos FIAGROS

A tecnologia tem desempenhado um papel central na modernização do agronegócio, permitindo avanços significativos na produtividade, na eficiência da gestão e na competitividade do setor no cenário global. Com a crescente demanda por alimentos e a necessidade de otimizar a alocação de recursos, a Inteligência Artificial (IA) surge como uma ferramenta indispensável para o aprimoramento dos processos produtivos e financeiros no campo. Nesse sentido, Fidelview (2023) destaca que o agronegócio brasileiro tem investido fortemente em tecnologia para manter sua posição como um dos maiores exportadores mundiais de alimentos.

Como ressalta Luiz (2016, p. 15), “Efetuando uma descrição do estado atual e o quanto houve progresso neste âmbito para assim escancarar que a tecnologia tem o poder de fornecer todo o suporte para uma produção eficaz e aliando-se cada vez mais a esta esfera.” Esse avanço se reflete na adoção de ferramentas como a IA, que possibilita a automação de processos e a análise preditiva de cenários futuros, minimizando riscos e maximizando a produtividade.

Dentre as aplicações da IA no agronegócio, destaca-se o uso de modelos avançados de aprendizado de máquina, capazes de processar grandes volumes de dados e identificar padrões que permitem prever oscilações no mercado agrícola. Com isso, investidores e produtores podem antecipar flutuações nos preços das commodities, ajustar suas estratégias e reduzir desperdícios ao longo da cadeia produtiva. Além disso, a IA possibilita um monitoramento contínuo das lavouras por meio da análise de imagens de satélite e drones, permitindo a detecção precoce de pragas, doenças e deficiências nutricionais no solo. Assim, a tecnologia contribui não apenas para uma gestão mais eficiente, mas também para a redução de perdas e para o aumento da produtividade no campo.

A evolução da tecnologia no agronegócio brasileiro não aconteceu de maneira isolada. Segundo a Embrapa (2020), o país passou por um intenso processo de modernização agrícola a partir da década de 1970, período em que a mecanização e a digitalização começaram a ganhar força no setor. Esse avanço foi determinante para transformar o Brasil em um dos maiores produtores de grãos do mundo, permitindo que o país aumentasse exponencialmente sua produção e melhorasse sua eficiência operacional. Nesse contexto, a IA se consolidou como um dos principais pilares dessa transformação digital, auxiliando desde a análise de solo até a automação de equipamentos agrícolas, reduzindo a necessidade de intervenção humana e otimizando o uso de insumos.

No que diz respeito à gestão dos FIAGROS, a aplicação da IA tem proporcionado impactos significativos. Primeiramente, a tecnologia aprimora a rastreabilidade das operações financeiras, garantindo que os investimentos sejam direcionados para ativos agrícolas rentáveis e sustentáveis. Além disso, a IA possibilita a criação de algoritmos preditivos capazes de avaliar riscos e oportunidades no setor agropecuário, tornando os FIAGROS mais eficientes na captação e alocação de recursos. Dessa forma, a digitalização aliada à inteligência artificial fortalece a segurança dos investidores e contribui para um ambiente financeiro mais transparente e estruturado.

A necessidade de inovação no agronegócio torna-se ainda mais evidente diante do crescimento da demanda global por alimentos:

Além de motivar novos projetos de expansão da produção de alimentos, de impulsionar fusões e aquisições em diversas cadeias do agronegócio, de valorizar as commodities agrícolas e de torná-las cada vez mais atrativas para os grandes fundos de investimentos internacionais, as projeções de forte aumento da demanda global por alimentos nas próximas décadas passaram também a destacar a importância da ampliação do uso de tecnologia nas lavouras para garantir a contínua elevação da produtividade (Luiz, 2016, 23).

Entretanto, apesar das inúmeras vantagens proporcionadas pela IA, ainda existem desafios a serem superados para a plena implementação dessa tecnologia no agronegócio brasileiro. Questões como a necessidade de infraestrutura digital no campo, a capacitação de profissionais para operar novas ferramentas e a resistência à adoção de inovações tecnológicas representam obstáculos que devem ser enfrentados para garantir o sucesso da transformação digital no setor. Como ressalta Batista (2023),

(...) a adoção de alta tecnologia reflete no processo produtivo, dando resultado no aumento da rentabilidade dos negócios. No entanto, o agronegócio brasileiro apresenta desafios, tais como, evoluir de forma competitiva e sustentável, com o propósito de atender a necessidade interna, conquistar e manter espaço no mercado externo, através do fornecimento de produtos e de processos com qualidade e com preços atrativos (Batista, 2023, p. 10).

Dessa forma, a Inteligência Artificial além de impulsionar a produtividade no agronegócio, também aprimora a eficiência operacional e financeira dos FIAGROS, consolidando esses fundos como um instrumento inovador e seguro para o financiamento do setor agropecuário. O avanço dessa tecnologia, aliado a políticas públicas adequadas e investimentos contínuos em pesquisa e desenvolvimento, será determinante para o crescimento sustentável do agronegócio no Brasil e para a sua manutenção como um dos principais fornecedores de alimentos no mundo.

2.2 Internet das Coisas (IoT) e o Monitoramento Inteligente no Agronegócio

A Internet das Coisas (IoT) tem transformado significativamente a forma como os dados são coletados, analisados e utilizados no agronegócio, promovendo uma gestão mais eficiente e baseada em informações em tempo real. “A internet das coisas (IoT, do inglês *internet of things*), que envolve o uso de dispositivos com sensores para coleta e transmissão de dados por meio da internet” (Nogueira, 2020, p. 39), tem sido amplamente adotada no setor agropecuário para otimizar a produção e reduzir desperdícios. Esse avanço permite um acompanhamento detalhado das atividades agrícolas, oferecendo suporte à tomada de decisões estratégicas e aumentando a produtividade no campo.

Nesse contexto, a IoT representa um avanço tecnológico essencial para a modernização do setor, viabilizando o acesso a informações precisas sobre lavouras e rebanhos em tempo real. A implementação de sensores inteligentes em solo, maquinários e animais possibilita o monitoramento contínuo de variáveis como umidade, temperatura, composição do solo e condições sanitárias do rebanho. Esses dados são processados de maneira integrada, permitindo ajustes automáticos nas operações agropecuárias e garantindo maior precisão no manejo agrícola e na distribuição de insumos.

Parafraseando Batista (2023), o avanço tecnológico no setor agropecuário tem permitido a coleta e a estabilização de dados em larga escala, viabilizando a análise preditiva e a gestão otimizada da produção. A IoT, nesse sentido, desempenha um papel

fundamental ao garantir um monitoramento eficiente das lavouras e rebanhos, contribuindo para a redução de desperdícios e o aumento da produtividade. Sensores de solo, por exemplo, possibilitam que agricultores ajustem a irrigação conforme a necessidade específica de cada área, reduzindo o consumo de água e promovendo o uso sustentável dos recursos naturais.

A tecnologia IoT possui um grande potencial de expansão no agronegócio brasileiro, especialmente com o avanço da infraestrutura e o aprimoramento dos sistemas de suporte à produção. Atualmente, já estão disponíveis no mercado diversas soluções baseadas nessa tecnologia, incluindo sistemas para a operação de máquinas agrícolas, monitoramento de pragas, estações meteorológicas inteligentes e pecuária de precisão, entre outras aplicações voltadas para a otimização da produção agropecuária (Nogueira, 2020). Com a crescente necessidade de tornar a agricultura mais eficiente e sustentável, a adoção dessas tecnologias tem sido fundamental para aprimorar a competitividade do setor.

Além de otimizar a produção, a IoT tem um impacto direto na segurança dos investimentos e na previsibilidade do desempenho das lavouras e da pecuária. A modernização do setor agropecuário no Brasil foi impulsionada pela introdução de tecnologias digitais que possibilitam a automação e o controle preciso das operações. Máquinas agrícolas conectadas, por exemplo, podem ser programadas para operar de forma autônoma, ajustando suas funções com base em dados coletados em tempo real, minimizando falhas e otimizando o uso de recursos (Batista, 2023).

No contexto dos FIAGROS, a IoT se destaca como uma ferramenta estratégica para aumentar a transparência e a segurança dos investimentos. A conectividade dos dispositivos viabiliza o fornecimento de informações detalhadas e confiáveis sobre a produtividade e a eficiência operacional das propriedades financiadas, permitindo que investidores acompanhem em tempo real os resultados de suas aplicações. Dessa maneira, os riscos associados às flutuações do mercado agropecuário são reduzidos, e as tomadas de decisão se tornam mais assertivas.

As aplicações de IoT na agricultura têm potencial de trazer importantes ganhos na produtividade e na redução de custos com insumos, aumentando a competitividade dos produtos agropecuários nacional no cenário internacional. O Brasil também apresenta potencial de oferta de soluções de IoT para climas tropicais, replicáveis internacionalmente em regiões de clima semelhante, além de melhoria do controle fitossanitário das exportações por meio da implementação de sistemas de rastreamento por IoT (Nogueira, 2020, p. 44).

Outro impacto positivo da IoT é a possibilidade de automação em larga escala, como nos sistemas de irrigação e aplicação de fertilizantes, promovendo o uso mais racional de recursos naturais e reduzindo custos operacionais. Essa integração de tecnologias reforça a sustentabilidade do setor agropecuário ao minimizar impactos ambientais e garantir maior produtividade com menor desperdício. Assim, a IoT consolida-se como uma ferramenta

essencial para o avanço do agronegócio brasileiro, impulsionando sua competitividade global e fortalecendo a relação entre tecnologia e eficiência na gestão dos FIAGROS.

A utilização de sensores e dispositivos conectados tem permitido um controle detalhado de diversas variáveis agropecuárias, otimizando a gestão produtiva e reduzindo desperdícios. Segundo Zhang *et al.* (2016), uma das aplicações mais promissoras da IoT no setor agropecuário está na supervisão do comportamento de aves na avicultura, uma atividade fundamental para conter e prevenir a disseminação de doenças. Os pesquisadores desenvolveram um sistema baseado em identificação por radiofrequência (RFID), no qual etiquetas eletrônicas foram anexadas individualmente às aves para monitorar seus hábitos de alimentação, deslocamento e períodos de descanso.

Essa abordagem permitiu detectar precocemente surtos epidemiológicos, tornando as ações de controle mais eficazes e minimizando perdas produtivas. Além disso, o modelo apresentou custos de implementação mais baixos em comparação aos métodos tradicionais, evidenciando o potencial da IoT na melhoria da biossegurança no setor avícola (Zhang *et al.*, 2016).

Além do monitoramento animal, a IoT também vem sendo aplicada no desenvolvimento de plataformas inteligentes voltadas para a agricultura de precisão, possibilitando a interligação de múltiplos dispositivos e fontes de dados. Popović *et al.* (2017) propuseram uma arquitetura de sistema adaptável às diferentes demandas dos agentes envolvidos no agronegócio, como produtores e pesquisadores.

Diferentemente das soluções convencionais disponíveis no mercado, que muitas vezes não contemplam integralmente as exigências da agricultura de precisão, o modelo sugerido pelos autores se baseia em códigos abertos, permitindo personalizações e colaborações para atender a necessidades específicas do setor (Popović *et al.*, 2017). O estudo já vem sendo testado em aplicações práticas, como pulverização automatizada, irrigação inteligente e monitoramento ambiental marinho, por meio da utilização de placas eletrônicas para captura e transmissão de dados.

O retorno dos usuários tem sido essencial para o aprimoramento da plataforma, demonstrando o potencial da IoT para impulsionar a eficiência da gestão agrícola, reduzir desperdícios e tornar a produção agropecuária mais sustentável e competitiva (Popović *et al.*, 2017).

Dessa forma, a IoT se firma como um dos pilares da modernização do agronegócio, promovendo maior eficiência produtiva, sustentabilidade ambiental e segurança para os investidores. Com o avanço da digitalização e a implementação de soluções tecnológicas inovadoras, o Brasil tem se consolidado como um dos principais protagonistas no uso da IoT na agricultura, destacando-se pela capacidade de adaptação e inovação no setor agropecuário.

2.3 Agricultura 4.0: Automação e Eficiência na Produção Agropecuária

A Indústria 4.0 surgiu no início da década de 2010, impulsionada por avanços tecnológicos que permitiram a integração entre máquinas, sistemas ciberfísicos e processos produtivos baseados em automação e inteligência artificial. Esse conceito, como destacado por Kagermann e citado por Prado (2016), fundamenta-se na convergência de tecnologias digitais, viabilizando a coleta, o processamento e a utilização de grandes volumes de dados para otimizar a tomada de decisões e melhorar a eficiência operacional em diversos setores econômicos. Embora tenha sido inicialmente aplicada à indústria manufatureira, sua influência se estendeu a outros setores, incluindo o agronegócio, onde a digitalização e a automação passaram a desempenhar um papel estratégico na modernização da produção agrícola.

Nesse contexto, a Agricultura 4.0 emergiu como um desdobramento da Indústria 4.0, incorporando tecnologias como Inteligência Artificial (IA), Internet das Coisas (IoT), Big Data e automação avançada para transformar a maneira como as atividades agropecuárias são conduzidas. No setor agropecuário, essas inovações têm sido amplamente utilizadas na gestão dos FIAGROS, permitindo uma análise mais precisa dos riscos de investimento, a identificação de tendências de mercado e a otimização da alocação de recursos, tornando o gerenciamento financeiro mais eficiente e seguro.

Um dos principais diferenciais da Agricultura 4.0 é a interconectividade entre máquinas e sistemas, possibilitando a troca instantânea de dados entre as diferentes etapas da produção. Essa conectividade permite a integração de equipamentos agrícolas autônomos, como tratores, colheitadeiras inteligentes e drones de monitoramento, que operam em sincronia com sistemas de análise preditiva. Tais inovações otimizam o manejo agrícola, minimizam desperdícios e garantem um uso mais eficiente dos insumos.

Como argumenta Prado (2016), a Indústria 4.0 proporciona redução de custos operacionais, aumento da previsibilidade e maior integração entre mercados e clientes, aprimorando a eficiência da cadeia produtiva e elevando a confiabilidade dos dados para investidores do setor agropecuário.

A Agricultura 4.0 engloba diversas inovações que transformam a forma de produção no campo. Conforme destaca Batista (2023, p. 18), “as mudanças causadas pelo uso de tecnologias, como a Agricultura de Precisão, os drones, a Internet das Coisas (IoT) e os sistemas ciberfísicos, resultam em uma produção mais eficiente e controlada, impulsionada por robôs autônomos e soluções inteligentes.” Assim, vislumbra-se que a aplicação dessas tecnologias, além de aumentar a produtividade, também fortalece o monitoramento em tempo real das atividades agropecuárias, permitindo que as propriedades rurais operem com maior eficiência e previsibilidade.

Nesse contexto, um dos componentes essenciais da Agricultura 4.0 é a Inteligência Artificial (IA), que potencializa a automação agrícola e aprimora a tomada de decisões

estratégicas. A IA é utilizada na análise preditiva, processando grandes volumes de dados para prever condições climáticas, otimizar a distribuição de insumos e identificar padrões que minimizam perdas na produção. Além disso, seu uso na avaliação de imagens de satélite e drones possibilita a detecção precoce de pragas e doenças, aumentando a segurança alimentar e reduzindo desperdícios.

Com essas inovações, a IA também se torna um recurso valioso para os FIAGROS, pois permite o monitoramento contínuo das propriedades financiadas, garantindo maior transparência e previsibilidade dos retornos financeiros. Essa digitalização aprimora a segurança dos investimentos e fortalece a confiança no financiamento do agronegócio, tornando os FIAGROS uma alternativa cada vez mais atrativa para investidores nacionais e internacionais.

Dessa forma, a Agricultura 4.0 consolida-se como um marco na evolução do agronegócio, garantindo um setor mais competitivo, sustentável e tecnologicamente avançado. Com a adoção de ferramentas inteligentes e a automação de processos, produtores rurais e investidores podem maximizar seus ganhos, reduzir riscos e promover uma produção mais eficiente e sustentável, reforçando o papel estratégico do Brasil no mercado agropecuário global.

3 DESAFIOS E OPORTUNIDADES NA IMPLEMENTAÇÃO TECNOLÓGICA NO SETOR AGROPECUÁRIO

A adoção de tecnologias no agronegócio tem impulsionado ganhos significativos de eficiência e sustentabilidade, mas sua implementação ainda enfrenta desafios estruturais e operacionais. A infraestrutura digital insuficiente no meio rural, a necessidade de qualificação da mão de obra e a resistência à adoção de novas tecnologias são barreiras que limitam o avanço da modernização do setor. No entanto, as oportunidades oferecidas pela transformação digital são vastas, incluindo a expansão do mercado financeiro agrícola, a diversificação das fontes de financiamento e a maior sustentabilidade das operações agropecuárias.

A conectividade no campo tem avançado, mas ainda apresenta disparidades regionais. De acordo com a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua) de 2023, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 81% dos domicílios rurais possuíam acesso à internet, um aumento significativo em relação aos 35% registrados em 2016 (IBGE, 2024). No entanto, esse percentual refere-se apenas ao acesso básico, sem considerar a qualidade e estabilidade da conexão, que em muitas regiões ainda é insuficiente para suportar o uso de tecnologias avançadas, como sensores agrícolas, telemetria e sistemas integrados de monitoramento em tempo real.

Essa limitação é evidenciada por um estudo do Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA), que apontou que cerca de 13 milhões de pessoas em áreas rurais no Brasil ainda não possuem acesso à internet de qualidade. Além disso, o Ministério da Agricultura e Pecuária destaca que mais de 70% das áreas rurais não contam com infraestrutura adequada para garantir conectividade eficiente, o que dificulta a adoção de soluções tecnológicas essenciais para a modernização do campo (IICA, 2023). Assim, mesmo com avanços na ampliação do acesso, ainda há desafios significativos para assegurar que a conectividade rural acompanhe as demandas da digitalização do agronegócio.

Esse cenário reforça a necessidade de investimentos estruturais para garantir que a modernização do setor agropecuário ocorra de maneira equitativa, abrangente e efetiva, assegurando um acesso que vá além da mera disponibilidade superficial das tecnologias modernas, mas que promova a implementação de soluções de qualidade que realmente viabilizem a digitalização do campo.

Não basta que haja uma conexão mínima à internet; é fundamental que essa conectividade seja robusta e confiável, permitindo o uso pleno de ferramentas avançadas, como inteligência artificial, sensores de precisão e sistemas de automação agrícola. Dessa forma, evita-se que os produtores rurais fiquem à mercê de dados limitados e de uma infraestrutura precária, que inviabilizam a real transformação digital do agronegócio.

A incorporação de novas tecnologias no agronegócio tem proporcionado benefícios expressivos, tais como a redução de custos operacionais, o uso mais eficiente dos insumos e o aumento da produtividade. Segundo Pontes *et al.* (2019), uma das principais vantagens da adoção dessas tecnologias é a disponibilidade de informações estratégicas que auxiliam na tomada de decisões, permitindo um gerenciamento mais eficiente das atividades agropecuárias. O rastreamento, monitoramento e gestão da produção são otimizados por meio da agricultura de precisão, assegurando maior qualidade e eficiência na obtenção do produto final.

Nessa perspectiva, Massruhá *et al.* (2020) destacam que a digitalização do setor tem permitido avanços significativos na mitigação de riscos, possibilitando previsões mais precisas sobre a produção e melhorando a rastreabilidade dos produtos agropecuários. Entretanto, conforme os autores, ainda há dificuldades para desfazer a percepção de que essas inovações são inacessíveis, sendo necessário demonstrar seus impactos positivos na gestão e rentabilidade das propriedades agrícolas.

Além disso, como apontado por Lisbinski *et al.* (2020), um dos principais desafios está na necessidade de elevar a produtividade sem expandir a área cultivável, o que exige a adoção de tecnologias de precisão e práticas sustentáveis. A adoção de técnicas de cultivo mais eficientes e o uso de maquinários inteligentes são essenciais para garantir uma produção sustentável e otimizada. Para que essa modernização ocorra de maneira eficiente, a capacitação da mão de obra rural torna-se um fator essencial. Conforme

apontam os autores, a carência de profissionais qualificados para operar máquinas agrícolas inteligentes, realizar manutenções preventivas e interpretar dados provenientes de sensores compromete a eficiência da digitalização no setor, demandando investimentos contínuos em educação e qualificação profissional.

Ainda dentro desse panorama, Silva e Cavichioli (2020) destacam que a falta de conhecimento sobre os benefícios da Agricultura 4.0 é um fator limitante para sua adoção em larga escala. Assim, a implementação de programas contínuos de capacitação voltados para agricultores e profissionais do setor é indispensável para que a modernização tecnológica seja acompanhada por uma adaptação eficiente da força de trabalho, assegurando que os avanços na digitalização se traduzam em ganhos reais para a produção agropecuária.

Dando continuidade a essa evolução, observa-se que nos últimos 40 anos o Brasil consolidou-se como um dos principais exportadores de alimentos do mundo, ocupando a terceira posição global, atrás apenas dos Estados Unidos e da União Europeia (Ribeiro *et al.*, 2018). Esse avanço foi impulsionado pela incorporação de novas tecnologias e pela busca contínua por aumentar a produção de forma sustentável. No entanto, para que essa evolução continue, são necessários investimentos substanciais em infraestrutura digital, capacitação profissional e inovação tecnológica, garantindo que as decisões estratégicas no setor sejam cada vez mais baseadas em dados.

A modernização do agronegócio deve ocorrer de forma sustentável, minimizando os impactos ambientais e assegurando a preservação da biodiversidade. Isso exige o uso eficiente dos recursos naturais e a priorização de práticas que aumentem a produtividade sem comprometer o equilíbrio ecológico. Além disso, para consolidar os FIAGROS como um instrumento de investimento sustentável, é essencial que haja uma cooperação entre o setor público e privado, viabilizando políticas de incentivo à adoção de novas tecnologias e à ampliação da infraestrutura digital no meio rural.

Dessa forma, constata-se que a transformação digital do agronegócio brasileiro é irreversível e necessária para garantir competitividade, eficiência e sustentabilidade. A superação dos desafios existentes exigirá investimentos coordenados, inovação contínua e uma mudança de mentalidade no setor, com foco na adoção de tecnologias que impulsionem o desenvolvimento do agronegócio de maneira sustentável e integrada às novas exigências do mercado global.

Em vista disso, com a implementação das soluções tecnológicas adequadas e o fortalecimento dos FIAGROS como alternativa viável de financiamento, o agronegócio brasileiro poderá se consolidar como um dos pilares da economia digital, garantindo sua posição de destaque na produção mundial de alimentos e promovendo um desenvolvimento equilibrado entre inovação, eficiência produtiva e preservação ambiental.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado evidencia que a digitalização e a inovação tecnológica têm desempenhado um papel central na modernização do agronegócio brasileiro, promovendo maior eficiência produtiva, sustentabilidade e segurança financeira. A criação dos FIAGROS representa um marco significativo nesse contexto, pois possibilita a captação de investimentos para o setor agropecuário por meio de um modelo mais dinâmico e flexível de financiamento. No entanto, a implementação desses fundos ocorre em um ambiente desafiador, caracterizado por disparidades estruturais, falta de infraestrutura digital e a necessidade de capacitação profissional.

A análise do impacto das tecnologias emergentes, como Inteligência Artificial (IA), Internet das Coisas (IoT) e Agricultura 4.0, demonstrou que essas inovações aprimoram a rastreabilidade, a previsibilidade e a segurança dos investimentos agropecuários, tornando os FIAGROS mais atrativos para investidores nacionais e internacionais. A integração dessas tecnologias permite o monitoramento em tempo real das propriedades financiadas, otimizando a gestão dos recursos e reduzindo riscos operacionais e financeiros.

Contudo, o estudo também revelou que há desafios estruturais e operacionais que precisam ser superados para que os benefícios da digitalização sejam amplamente disseminados. A conectividade limitada no meio rural, a escassez de profissionais qualificados e os custos iniciais elevados para a adoção de tecnologias são fatores que podem dificultar a plena expansão dos FIAGROS e a modernização do agronegócio. Assim, faz-se necessária a implementação de políticas públicas de incentivo, investimentos robustos em infraestrutura digital e programas de qualificação técnica para capacitar agricultores e gestores do setor.

Dessa forma, conclui-se que o sucesso dos FIAGROS como instrumento financeiro para o agronegócio está diretamente atrelado à capacidade de integração entre inovação tecnológica, infraestrutura digital e segurança regulatória. Para que essa transformação digital se concretize de maneira ampla e eficaz, é fundamental que haja um alinhamento estratégico entre setor público, iniciativa privada e produtores rurais. Com uma abordagem coordenada, existe a possibilidade de consolidar o agronegócio brasileiro como um dos setores mais avançados, inovadores e sustentáveis do mundo, garantindo sua posição de destaque na produção mundial de alimentos e atraindo investimentos para seu crescimento contínuo.

REFERÊNCIAS

BATISTA, A. B. da S. **As principais inovações tecnológicas para o agronegócio brasileiro.** 2023. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão do Agronegócio) – Universidade Estadual do Maranhão, Campus Barra do Corda, 2023.

BOECHAT, Cássio Arruda. **Os Fiagros, o capital fictício e a financeirização recente do agronegócio brasileiro.** Revista NERA, v. 27, n. 2, p. e10025, 2024.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Informações atualizadas sobre tecnologias da informação e comunicação.** Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/materias-especiais/21581-informacoes-atualizadas-sobre-tecnologias-da-informacao-e-comunicacao.html>. Acesso em: 4 mar. 2025.

BRASIL. Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA). **Pelo menos 72 milhões não têm acesso à internet de qualidade em áreas rurais da América Latina e Caribe.** Brasília: IICA, 2023. Disponível em: <https://iica.int/pt/press/noticias/pelo-menos-72-milhoes-nao-tem-acesso-internet-de-qualidade-em-areas-rurais-da>. Acesso em: fev. 2025.

BRASIL. Lei nº 14.130, de 29 de março de 2021. **Dispõe sobre a constituição dos Fundos de Investimento nas Cadeias Produtivas Agroindustriais – FIAGRO** e altera a Lei nº 8.668, de 25 de junho de 1993. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 mar. 2021. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2021/Lei/L14130.htm. Acesso em: fev. 2025.

CLERCQ, M.; VATS, A.; BIEL, A. **Agriculture 4.0: the future of farming technology.** World Government Summit, 2018. Disponível em: <https://www.worldgovernmentsummit.org>. Acesso em: nov. 2024.

EMBRAPA. **Trajetória da agricultura brasileira.** 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao/trajetoria-da-agricultura-brasileira>. Acesso em: nov. 2024.

FIDELVIEW. **Agronegócio no Brasil:** um panorama da importância, oportunidade e desafios no país. 24 fev. 2023. Disponível em: <https://blog.climatefieldview.com.br/agronegocio-no-brasil>. Acesso em: dez. 2024.

LISBINSKI, F. C.; MUHL, D. D.; OLIVEIRA, L. de; CORONEL, D. A. **Perspectivas e desafios da Agricultura 4.0 para o setor agrícola. Simpósio da ciência do agronegócio, Cepam Agronegócio,** 2020. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/218601/001122708.pdf>. Acesso em: nov. 2024.

LUIZ, Cristiane Rodrigues. **A tecnologia no agronegócio.** Fundação Educacional no município de Assis, 2013.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A.; OLIVEIRA, S. R. de M.; MEIRA, C. A. A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; BOLFE, E. L. **Agricultura digital:** pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes//publicacao/1126213/agricultura-digitalpesquisa-desenvolvimento-e-inovacao-nas-cadeias-produtivas>. Acesso em: nov. 2024.

NOGUEIRA, Antonio Carlos Lima. **Internet das Coisas no Agronegócio:** Fundamentos e Políticas. Boletim Informações FIPE, São Paulo, n. 475, p. 52, abr. 2020. Disponível em: <http://www.fipe.org.br>. Acesso em: nov. 2024.

PADILHA JUNIOR, João Batista. **O impacto da reserva legal florestal sobre a agropecuária paranaense, em um ambiente de risco.** 2004.

POPOVIĆ, T.; LATNOVIĆ, N.; PEŠIĆ, A.; ZEĆEVIĆ, Ž.; KRSTAJIĆ, B.; DJUKANOVIĆ, S. **Architecting an IoT-enabled platform for precision agriculture and ecological monitoring:** A case study. Computers and Electronics in Agriculture, v. 140, p. 255-265, 2017.

PONTES, L. B.; CAVICHIOLI, F. A. **Agricultura de Precisão.** SIMTEC - Simpósio de Tecnologia da Fatec Taquaritinga, 5(1), p. 238-250, 2019.

PRADO, R. M. **A formação dos complexos agroindustriais:** a BRF e o crescimento de Rio Verde em Goiás. 2016. 179 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Planejamento Territorial) – Coordenação de Pós-Graduação Strictu Sensu, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2016.

RIBEIRO, J. G.; MARINHO, D. Y.; ESPINOSA, J. W. M. **Agricultura 4.0:** Desafios à Produção de Alimentos e Inovações Tecnológicas. Simpósio de Engenharia de Produção. Universidade Federal de Goiás, 2018.

SANTANA, H. M. de et al. **Evolução histórica da Indústria 4.0 e seus reflexos nos agronegócios. 2019.** Disponível em: <file:///C:/Users/55629/Downloads/AGRONEG%C3%93CIO+4.0+-+COMO+A+TECNOLOGIA+IMPACTA+NA+PRODU%C3%87%C3%83O+DO+CAMPO.pdf>. Acesso em: nov. 2024.

SILVA, J. M. P.; CAVICHIOLI, F. A. **O Uso da Agricultura 4.0 como perspectiva do aumento da Produtividade no Campo.** DOI:10.31510/infra.v17i2.1068, 2020. Disponível em: <https://revista.fatecq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1068>. Acesso nov. 2024.

SORDI, V. F.; VAZ, S. C. M. **Os principais desafios para a popularização de práticas inovadoras de agricultura inteligente.** Editora Unijuí, 2020. Acesso em: <https://pdfs.semanticscholar.org/fb2d/7437021e5b9a4cb44d2e826259423f5c0449.pdf>. nov. 2024.

SPRINGER. **Precision agriculture. 2020.** Disponível em: <https://www.springer.com/journal/11119/updates/17240272>. Acesso em: nov. 2024.

VAZ, Eduardo Pimenta Xavier Rodrigues. **Internet via satélite:** um estudo sobre a Starlink com simulação de constelações de satélites Walker Delta e Walker Star. 2024. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/8798>. Acesso em: jan. 2025.

ZHANG, Di et al. **One integrated energy efficiency proposal for 5G IoT communications.** IEEE Internet of Things Journal, v. 3, n. 6, p. 1346-1354, 2016. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7542566>. Acesso em: dez. 2024.