

# Cibersegurança na Agricultura de Precisão: Exploração à Aplicação de Medidas Preventivas

## *Cybersecurity in Precision Agriculture: Exploration to the Application of Preventive Measures*

**Ana Laura Onofre de Souza<sup>1</sup>**

ana.souza192@fatec.sp.gov.br

**Cauan Vinícius Bastos<sup>1</sup>**

cauan.bastos@fatec.sp.gov.br

**Paola Maria Sant'Anna Dos Santos<sup>1</sup>**

paola.santos9@fatec.sp.gov.br

**Nathalia Maria Soares<sup>1</sup>**

nathalia.soares@fatec.sp.gov.br

**João Emmanuel D Alkmin Neves<sup>1</sup>**

joao.neves11@fatec.sp.gov.br

**1 - Faculdade de Tecnologia de Araraquara | Fatec Prof. José Arana Varela**

**Resumo:** Este artigo consiste em uma pesquisa bibliográfica, com o intuito de explorar as implicações para a cibersegurança aplicada à agricultura de precisão no Brasil. A investigação, foi realizada por meio de uma pesquisa de caráter exploratório, objetiva em apresentar um panorama geral ao problema em questão abordado, destacando e abrangendo as tecnologias modernas utilizadas em meio as vulnerabilidades contidas no espaço cibernético das informações sensíveis agrícolas. Os resultados revelam lacunas significativas no cenário atual, correlacionadas em meio aos problemas encontrados em relação ao descaso e à falta de políticas para medidas tecnológicas específicas preventivas setor. Por fim, este estudo visa auxiliar e contribuição para a fomentação ao estudo e conhecimento nacional, estabelecendo-se como base sólida para futuras pesquisas de aplicações na área, capaz de enfatizar devidamente a importância de abordagens que sejam proativas as políticas de segurança eficazes na proteção das informações sensíveis na agricultura avançada de âmbito nacional.

**Palavras-chave:** Agricultura de Precisão, Indústria 4.0, Cibersegurança, Políticas de digitalização.

**Abstract:** *This article consists of bibliographical research, with the aim of exploring the implications for cybersecurity applied to precision agriculture in Brazil. The investigation, which was carried out through exploratory research, aims to present a general overview of the problem in question, highlighting and covering modern technologies used during vulnerabilities contained in the cyberspace of sensitive agricultural information. The results reveal significant gaps in the current scenario, correlated with the problems encountered in relation to neglect and the lack of policies for specific technological preventive measures in the sector. Finally, this study aims to assist and contribute to the promotion of national study and knowledge, establishing itself as a solid basis for future research into applications in the area, capable of duly emphasizing the importance of proactive approaches to effective security policies in protecting of sensitive information in advanced agriculture nationwide.*

**Keywords:** Precision Agriculture. Industry 4.0. Cyber Security. Digitalization Politics.

Recebido em  
14 dez. 2023

Aceito em  
15 fev. 2024

Publicado em  
27 mar. 2024

<https://git.fateczl.edu.br>  
e\_ISSN  
2965-3339  
DOI  
10.29327/2384439.2.2-5

@\_GIT  
Advances in Global  
Innovation & Technology  
Volume 2  
Número 2  
São Paulo  
Março  
2024



## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, o agronegócio atribuiu uma visão supervalorizada ao valor comercial de seus produtos, assim, não dando importância aos efeitos negativos que foram gerados gradativamente ao meio ambiente. Em território nacional, o exemplo mais claro das consequências dessas atividades, se dá pela extensão da área desmatada na Amazônia, por criação de gado.

“A agricultura convencional é uma das atividades humanas que mais depende dos recursos naturais para a produção de alimentos, e a que mais degrada, por não se preocupar com a capacidade de suporte dos ecossistemas muito menos com a resiliência dos mesmos.” (Cabral da Silva Santos e Amancio da Silva, 2019).

De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), do toda a água existente no planeta, apenas 2,5% é água doce. Dentre as quais, 69% são de difícil acesso pois estão nas geleiras, 30% são armazenadas em aquíferos e somente 1% encontram-se nos rios. Na pesquisa de Stephen et al. (2023), consta que a reserva de água estará 40% abaixo da demanda global, até o ano de 2030. Ainda, foi enfatizada a necessidade de suprimentos alimentícios a fim de abastecer a população mundial futura, estimada para atingir 9,7 bilhões até o ano de 2050.

Neste sentido, é eminente que as práticas sustentáveis sejam implementadas nas atividades da agricultura. Cabral da Silva Santos e Amancio da Silva (2019) enfatizam o que isso se trata:

A agricultura sustentável se caracteriza pelo sistema produtivo de cunho ambiental considerando os aspectos culturais e políticos, esse sistema pode adotar outro modelo tecnológico e o uso de energia

renovável, com custos baixos, com o menor impacto possível ao meio ambiente, não utiliza de forma predatória os recursos naturais e possui retornos socioeconômicos adequados às populações rurais, levando em conta as necessidades locais e suas potencialidades.

Com a modernização das tecnologias, houve efeitos positivos enquanto à automação de tarefas, preservação de recursos, produtividade e a precisão das informações do campo. Hoje, entende-se que as referidas tecnologias advêm da quarta revolução industrial, a qual introduz processamento e compartilhamento de dados em tempo real. O uso dos sensores inteligentes, presente no estudo de caso que será abordado, é um exemplo claro disso.

O modelo de gestão utilizado é baseado na agricultura de precisão, a qual é útil na obtenção granular dos dados e gestão de áreas, produtos, animais, plantações, ambientes e dispositivos tecnológicos (Yazdinejad et al. 2021). Desse modo, por meio da tecnologia, essa gestão auxilia o controle de suprimentos alimentícios, irrigação, produtividade e sustentabilidade nas atividades no campo.

Neste cenário, surge hipótese deste artigo: o papel crucial desempenhado pela atuação da cibersegurança sobre a tecnologia atuante no campo, como forma de preservação dos recursos naturais. O estudo se objetiva em explorar as vulnerabilidades em potencial encontradas cibersegurança, utilizando-se da análise de um sistema de irrigação avançado como estudo de caso, compreendendo-se como as áreas de agricultura de precisão e a cibersegurança se entrelaçam à uma abordagem sustentável no campo.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Yazdinejad et al. (2021) apresentam a seguinte definição para agricultura de precisão: Refere-se especificamente a abordagens baseadas em IoT que visam melhorar a eficiência do uso de insumos, fornecendo aos agricultores ferramentas que aumentam a granularidade da tomada de decisão. Em outras palavras, o PA é tão sensível e preciso que as atividades dos adversários mínimos simplesmente podem mudar o sistema de controle, atingir e danificar recursos valiosos.

Assim, é demonstrado que a agricultura de precisão trabalha com os detalhes que o campo e seus elementos, têm. Em sua maior parte, contando com o auxílio dos dispositivos de internet das coisas, e, às outras tecnologias pertencentes à quarta geração industrial.

Durante o processo de exploração, foi considerado pertinente ao tema, o conceito de agricultura moderna, dos autores Stephen et al. (2023), com a seguinte definição: “O desenvolvimento tecnológico de sistemas agrícolas orientados por dados envolvendo produção de alimentos, processos tecnológicos de alimentos, alimentação animal, bioenergia, agrocombustíveis e produtos de base biológica”.

Neste sentido, ambos os termos (agricultura de precisão e agricultura moderna), possuem a proximidade em envolver a tecnologia como uma de suas características. Sendo, a segunda, abrangente, e a primeira, sua subárea. Isso foi de grande ajuda à investigação do tema e ao desenvolvimento dos demais tópicos aqui contidos.

### 2.1 Tecnologias Da Indústria 4.0 e a Agricultura De Precisão

Ferneda e Ruffoni (2019, p 1324) destacam:

A indústria 4.0 é constituída por um conjunto de tecnologias que permite bens e serviços serem produzidos em fábricas inteligentes, com comunicação e disponibilidade de informações em tempo real, promovendo a criação de valor, novos modelos de negócios e serviços como mencionado nos estudos de Kagermann et al. (2013), Bauer (2014), Heng (2014), Sheer (2015) e Rubamannet et al (2015).

As tecnologias da indústria 4.0, também chamadas de tecnologias modernas, se referem ao *big data and analytics*, robôs autônomos, softwares de modelagem e simulação, sistema de integração horizontal e vertical, internet das coisas (IoT), segurança cibernética, computação em nuvem, *addictive manufacturing*, realidade aumentada, blockchain, veículos aéreos não tripulados, deep learning, machine learning, sensoriamento remoto, realidade virtual, sistemas de suporte a decisão, drones, impressão 3D (Sott, 2021) (Ferneda e Ruffoni, 2019).

A agricultura de precisão faz o uso dessas tecnologias para manter os detalhes das informações, bem como, a comunicação entre os demais serviços no campo.

Para a melhor escolha da tecnologia a ser utilizada nessas atividades, é necessário ter melhores noções sobre a atividade econômica, inovação e os serviços de mão de obra (interna e externa), para que os processos e a integração dos serviços ocorram devidamente (Ferneda e Ruffoni, 2019).

### 2.2 Agricultura de Precisão no Brasil

Sott (2021) traz o olhar sobre a agricultura de precisão ao Brasil, de forma a considerar benéfica aos negócios de grande porte e

com lugar no mercado, a fim de incrementar a competitividade dos produtos na comercialização. A introdução dessas tecnologias requer infraestrutura, investimento e instrução para que as operações ocorram devidamente, além da necessidade de políticas públicas que norteiem a adesão. Algumas delas utilizadas no país, de acordo com a literatura consultada, são IoT, big data, realidade aumentada, veículos aéreos não tripulados e software de gerenciamento da propriedade.

Adiante, Ferneda e Ruffoni (2019) demonstraram os aparatos políticos mais próximos à adesão dessas tecnologias ao país, como o desenvolvimento dos Planos Nacionais de Internet das Coisas e o de Manufatura Aditiva Avançada, promovidos pelos Ministérios de Ciência e Tecnologia e Inovação (MCTI) e da Indústria e Comércio Exterior (MDIC), respectivamente. O primeiro consistindo no aceleração da implantação, como instrumento de desenvolvimento sustentável, com efeitos sobre a economia, produção e na qualidade de vida humana. E o segundo, visando na criação de estratégias para a modernização das fábricas através da robótica, IoT e nanotecnologia na produção.

No entanto, os entraves listados contra a concretização dos Planos foram a falta de disponibilidade de recursos humanos, desemprego, falta de preparação das firmas – em relação à infraestrutura e instrução para o manuseamento das tecnologias – e a escassez de políticas públicas eficazes para micro e pequenas empresas.

Assim, nota-se que implantação desse modelo de gestão do campo sustentável, congruente à tecnologia verde, se encontra prematura no Brasil, o que é visível também, na exclusão do agronegócio

familiar dos serviços de agricultura avançada.

### 2.3 Cibersegurança

Conforme impulsionado pelo desenvolvimento digital das últimas duas décadas, a adoção de tecnologias modernas no mercado, inclusive no setor agroalimentar por meio do papel desempenhado pela agricultura avançada e de precisão é algo que vem sendo cada vez mais implementado, porém pecando no aspecto de cibersegurança, ponto de vulnerabilidade ao qual torna-se sujeito ao adentrar o ciberespaço. Serviços corporativos de informação e tecnologia tornam-se vulneráveis a vários riscos de segurança no ambiente de informação atual, os quais possuem impacto significativo na continuidade dos negócios (Ghelani, 2022).

Os ataques cibernéticos enquadram-se num contexto muito mais amplo do que aquilo que se é chamado de operações de informação (Li; Liu, 2021), tornando crescente a demanda de soluções para tais vulnerabilidades dadas à precarização da segurança digital, colocando-a como um tópico de urgência a ser tratado. Tal pressão exigida pela digitalização dos diversos ambientes de trabalho, debilita ainda mais o campo, que possui toda uma cadeia de produção evolvida a utilização desses meios tecnológicos, abrindo diferentes frentes para possíveis ataques.

Por conta disso, o trabalho para a aplicação da cibersegurança deve estar intrinsecamente ligado a digitalização dos ambientes de trabalho, à medida que ataques cibernéticos seguem crescendo, assegurando a proteção da informação nos meios digitais

## 2.4 Inclusão de Políticas Comunitárias para o Desenvolvimento Digital Agrícola

Conforme destacado por Mendes et. al (2020, p 306):

A exponencial evolução tecnológica no final do século passado e início do século XXI já provocou profundas transformações nas relações sociais, dentro de uma economia globalizada, trazendo uma nova dinâmica para o capitalismo, fundada na informação e no processamento de dados.

É notável que antes mesmo da era digital, a setor agrícola sempre se demonstrou adepto ao auxílio gerado pela incrementação de novas tecnologias, tal como na mecanização introduzida pela revolução industrial. A necessidade de se maximizar a produção em larga escala, aumentando-se a eficiência e evitando desperdícios custáveis tornou-se altamente almejada com o passar de gerações. Com isso, a inclusão de políticas comunitárias passou a ser imposta pelos governos.

A aplicação de políticas comunitárias por parte das potências, auxiliou, de fato, o desenvolvimento das áreas agrícolas, não se tratando apenas de um incentivo, mas uma necessidade. Responsável por desempenhar um papel crucial na competitividade econômica de diversos países, além do desenvolvimento social, equidade territorial e sustentabilidade ambiental, a participação do agronegócio já é algo bastante veiculada no pensamento das pessoas, contudo, sua percepção sobre a integração tecnológica, ainda se encontra precária ao grande público. Há, sim, uma noção sobre automatização, no entanto, não advém de uma estrutura digital já estabelecida, envolvida em toda cadeia de produção, podendo-se observar a apropriação de diversas tecnologias como a de cloud, big data e cibersegurança.

## 2.4 Abordagem das Políticas de Digitalização no Brasil

Desde as reformas guiadas pelo papel da Política Agrícola Comum (PAC) vinda dos países europeus na década de 1990, a visão da dimensão de políticas agrícolas passou a ser incorporada aos demais países, como o Brasil (Santos; Silva, 2022). O papel do país nesse contexto é de importância fundamental, possuindo reconhecimento estabelecido por sua excelência no âmbito relacionado à produção agropecuária (Bidarra; Souza, 2022). Instituído pelo governo federal nessa mesma década, o Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), que possui formação por meio de diversas organizações, desde a Embrapa e suas unidades, até universidades e institutos de pesquisa que estejam ligados às atividades de pesquisa agropecuárias.

Especializada em agricultura digital, a Embrapa Informática Agropecuária, se encontra voltada às pesquisas e projetos para a aplicação da tecnologia da informação para o setor agropecuário, buscando a implementação de soluções tecnológicas ligadas desde engenharia de sistemas até agroclimatologia. O papel da organização é o de apoiar as políticas públicas, integrando a agropecuária brasileira conhecimento científico e tecnologias, de modo que contribua para um ambiente aberto de inovação em agricultura digital.

Tal fenômeno da digitalização do setor motivou o governo a estabelecer uma série de políticas públicas com objetivo de melhorar o discernimento dos atores da agropecuária com tais transformações. Sendo algumas delas: CT-Agronegócio; Marco Legal da Ciência, Tecnologia e Inovação; Lei Geral de Proteção de Dados; Plano Nacional de Internet das Coisas (IoT

BR); Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão Digital.

Dada a implementação de tecnologias digitais no campo, surgiram consigo uma enorme gama de possibilidades e oportunidades, mas com que, todavia, também trouxeram vulnerabilidades em relação à cibersegurança, como, por exemplo, as de big data, que envolvem uma massiva quantidade de dados sensíveis.

Além disso, ressalta-se a fragilização à agricultura familiar, devido ao retrocesso que vem sendo feito desde o impeachment de 2016, com a desarticulação de políticas públicas e os cortes orçamentários para programas importantes (Teixeira, 2023). A política vinda do último governo (2018-2022), foi responsável por trazer um âmbito socialmente conservador e ultraliberal, o que acarretou a um processo de enfraquecimento institucional, fragilizando políticas e programas sociais estruturais em prol da promoção do desenvolvimento rural.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

A investigação realizada neste artigo consiste em uma análise sobre as atuais vulnerabilidades presentes na agricultura avançada, focalizando a agricultura de precisão. Para isso, a pesquisa foi realizada sob caráter exploratório, visando a compreender o atual papel desta ramificação da agricultura avançada no Brasil, bem como o impacto gerado por meio das políticas governamentais para o desenvolvimento digital agrícola, relacionadas as brechas para vulnerabilidades cibernéticas.

Devido a escassez de material, especificamente em âmbito nacional, ocasionou-se a realização de uma extensa pesquisa conduzida a abranger

adequadamente os diversos aspectos abordados., utilizando de materiais de referências a partir de 2019. Tal tratamento sustenta-se pelo fato de compreender-se que o problema em questão possui diversas fontes, das quais são necessárias serem reconhecidas e estabelecidas, obtendo-se, então uma visão clara sobre o assunto

Os dados foram obtidos a partir de artigos acadêmicos que abordassem as vertentes do tema, capaz de se proporcionar uma sólida base à discussão almejada. Por fim, como forma de enriquecimento do artigo, houve a realização de um estudo de caso, investigando matérias jornalísticas sobre agricultura de precisão aplicada, oferecendo, por sua vez, uma perspectiva prática ao tema.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

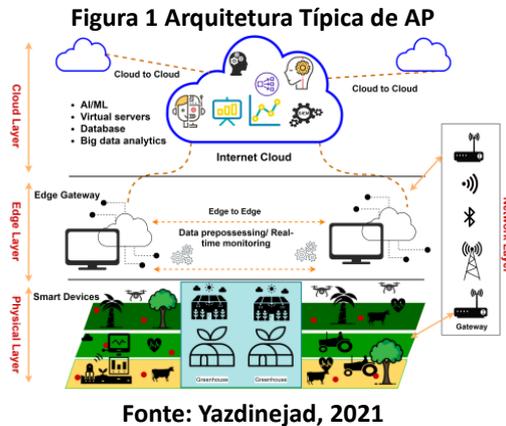
### 4.1 A Necessidade da Cibersegurança aos Sistemas de Agricultura de Precisão

“Com o surgimento de várias ameaças na forma de ataques maliciosos, intrusões indesejadas e sabotagem no ciberespaço, a segurança cibernética tornou-se de importância crítica no campo agrícola” (Stephen et al., 2023, p 387).

A partir do compartilhamento das informações, utilizadas na agricultura avançada, têm-se uma gama de vulnerabilidades à disposição, capazes de comprometer os princípios da cibersegurança, como a confidencialidade, disponibilidade, integridade, autenticidade, não-repúdio.

A fim de melhorar a compreensão, houve a separação dessas vulnerabilidades nos grupos referentes à cada camada da arquitetura de uma fazenda inteligente, proposta por Yazdinejad et al. (2021), em

complemento dos estudos realizados por Alahmadi et al. (2022) e Stephen et al. (2023).



A arquitetura destaca quatro camadas, as quais se referem, respectivamente, à camada de computação em nuvem (*cloud layer*), comunicação de redes (*network layer*), borda (*edge layer*) e a camada física (*pyhysical layer*). Todas se utilizam das tecnologias da indústria 4.0, do compartilhamento e o processamento dos dados.

Ambas as camadas de computação em nuvem e de borda, dispõem da integração dos serviços de análise de dados, banco de dados, armazenamento, machine learning, inteligência artificial e aplicativos que auxiliam no trabalho da agricultura de precisão. Não distante, também se trata de uma interface entre o sistema de processamento e controle às pessoas responsáveis pelas atividades no campo, como um cientista agrônomo, fazendeiro ou um empresário (Alahmadi et al. 2022). Com isso, para a proteção dos dados e a continuidade desses serviços é necessária a atenção contra os ciberataques de buffer overflow, atualização de patches, injeções de código, *ransomware*, engenharia social, autenticação, *phishing*, controle de acesso,

ataques internos, injeção de malware nos ambientes em nuvem e *misconfiguration* (configuração incorreta).

A camada de rede, também referida como *gateway layer*, fica responsável pela comunicação via wireless entre as demais camadas, bem como, a conectividade dos sensores da camada física à internet. Assim, faz o uso de switches, pontos de acesso, *wifi*, *bluetooth*, 5G, antenas e satélites (Alahmadi et al. 2022). As vulnerabilidades aqui, estão relacionadas aos ataques de negação de serviço (DoS e DDoS), interceptação dos dados na forma de pacotes (*sniffing*), vulnerabilidades nos protocolos de rede e autenticação.

As tecnologias presentes na camada física, dispostas como hardware, se referem aos sensores, dispositivos IoT, drones, veículos não tripulados e máquinas inteligentes, são responsáveis pelo monitoramento do desenvolvimento das plantas e os aspectos ambientais, e desempenham papéis específicos, tais como o controle de irrigação (Alahmadi et al. 2022). Esses aparatos de tecnologia necessitam de mecanismos de segurança integrada para que haja a devida análise do uso, status e acesso da memória, os quais são de fundamental importância a serem resguardados com criptografia (Stephen et al. 2023). As vulnerabilidades tendem a estar suscetíveis aos ataques de cavalo de troia, canal lateral, *booting*, código malicioso e de interferência.

Os ataques aos sistemas de agricultura podem causar distúrbios à cadeia de alimentos, interrupção das atividades agrícolas que exigem energia, deterioração da qualidade do solo, deturbar os controles climáticos de silos, distúrbios na distribuição de água, vazamento de informações sobre o solo, contaminação dos alimentos (Stephen et al. 2023). Com

isso, é notável a necessidade de dispor da cibersegurança para a proteção desses sistemas, informações e a continuação do negócio.

#### **4.2 Considerações sobre as Políticas de Digitalização da Agricultura e a Falta de Resultados Práticos e Medidas Específicas**

A solução da adoção das tecnologias do Agro 4.0 englobam agricultura e pecuária de precisão, incorporando soluções para o processamento do grande volume de dados, e dando suporte à tomada de decisão. Desta maneira, tornam-se essenciais para a elevação da produtividade no campo, mas que reforça a necessidade de trabalhadores com maiores qualificações e especializações. Isso tudo acaba por introduzir um grande desafio aos trabalhadores agrícolas, principalmente aos médio e de baixo porte, e aqueles envolvidos à agricultura familiar, que possuem baixo nível de capacidade de investimento à demanda tecnológica, levando-os a maior vulnerabilidade em relação a cibersegurança.

O governo, então, possui a responsabilidade de agir em sentido de reparação, passando a colocar em prática a política pública instituída ao longo dos últimos anos, e dar a devida notoriedade aos pequenos produtores rurais de menor, em adição a relatar seu relacionamento à agricultura familiar, que passou por um longo processo de retrocesso de políticas públicas.

Dado um estudo realizado pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, da Universidade de São Paulo (Esalq/USP), apenas 5% da área agricultável no Brasil, notadamente as grandes propriedades rurais, possui conectividade com a rede mundial de computadores, sendo tal

minoraria, as grandes propriedades. A necessidade de uma associação, cooperativas e sindicatos por parte da enorme gama de agricultores necessitados torna-se mais que relevante, uma vez que precisam conseguir conquistar espaço diante da transformação tecnológica que ocorre no campo (Bidarra; Souza, 2022).

Souza e Bidarra (2022, p 29) afirmam:

A política pública federal de apoio à transformação digital na agropecuária brasileira precisa ser convertida em resultados práticos. São necessários investimentos específicos em infraestrutura de conectividade, bem como estímulos para a melhoria de acesso e capacitação profissional de produtores e trabalhadores rurais quanto ao uso de tecnologias digitais, para minimizar os impactos no mundo rural e no mercado de trabalho no campo.

As vulnerabilidades e os problemas estabelecidos com a chegada da transformação da agricultura digital é algo do qual os governantes devem ser capazes de prestar o devido suporte e orientação em meio a implementação tecnológica. Leis como a LGPD devem passar a trazer implicações à adoção de tecnologias digitais no agronegócio.

Por fim, as políticas públicas devem passar a se apropriar, além de disseminar medidas e implementações tecnológicas já estabelecidas, para que a proteção dos trabalhadores do campo esteja devidamente nivelada com o nível de digitalização de seus negócios. A cibersegurança estar mais bem difundida dentre o setor agrícola, já que a necessidade do desenvolvimento digital é essencial para apenas fomentar o mercado global, mas também em sentido da otimização de recursos, visando atender as necessidades atuais e das próximas gerações.

### 4.3 Medidas à Aplicação de Cibersegurança na Agricultura de Precisão.

Impulsionada pela transformação digital em meio a implementação de tecnologias modernas do Agro 4.0, a agricultura de precisão vem encontrando crescentes desafios em relação a segurança cibernética. Diversos pontos de vulnerabilidade são cada vez mais identificados, desde sistemas de irrigação, até equipamentos agrícolas autônomos e de monitoramento de colheitas. Toda essa complexa cadeia de produção do setor, incrementada por uma massiva utilização de tecnologias, visa gerar o aumento de conectividade e controle dos dados, soluções de IoT e de Big Data, acabam por não se dedicar tanto a proteção que se seria necessário, devido a alta demanda do nível da digitalização, tornando os trabalhadores do campo indefesos, já que não possuem o devido suporte prestado dos governos.

Apesar disso, diversas propostas de soluções e métodos de proteção já são abrangentemente conhecidas, estabelecidas pelos pilares da segurança da informação, medidas específicas de cibersegurança que deveriam ser priorizadas em meio à fragmentação das políticas para o desenvolvimento digital agrícola, demonstrando negligência crítica por parte dos poderes políticos aos trabalhadores do campo que buscam investimento em soluções de sistemas avançados.

Visando essa necessidade, as aplicações de segurança buscam proteção à propriedade intelectual, disponibilidade, operação de sistemas essenciais e a qualidade final dos produtos, dentre outras funções de integridade, restrição e acesso a recursos de dados valiosos, em conformidade aos

padrões e regulamentações estabelecidos por legislações como a da LGPD, bem como a prevenção de reputação. Aspectos esses que não impactam somente as empresas e organizações envolvidas ao mercado agropecuário, mas também de seus consumidores e a bioeconomia dos países.

A realidade atual da qual a agricultura avançada se encontra possui grande abertura a ataques externos, trazendo consequências significativas, uma vez que possam perturbar a cadeia de suprimentos, que já vem sido fragilizada em grande parte pelos desafios apresentados durante a pandemia de COVID-19, ressaltando a necessidade de investimentos específicos à cibersegurança agrícola. As motivações para ataques podem ser das mais variadas, desde busca por ganhos financeiros, espionagem e sabotagem industriais, até o terrorismo cibernético, tornando-se um alvo extremamente atraente.

Dentre as medidas para a proteção cibernética do setor agroalimentar, pode-se encontrar uma vasta gama de possibilidades, de modo que os governadores prestem o devido suporte as necessidades da agricultura de precisão, agindo à aplicação de políticas específicas. Os métodos preventivos são: conscientização e educação; treinamento e capacitação; avaliação de riscos; monitoramento contínuo; controle de acesso; colaboração e compartilhamento de informações; atualizações regulares; tecnologia de blockchain; machine learning; *deep learning*.

Desse modo, é válido conhecer e utilizar esses métodos preventivos para uma proteção cibernéticas para a indústria agroalimentar.

### 4.4 Estudo de Caso (Irrigação 4.0)

Visando uma abordagem mais prática sobre o assunto, foi realizado um estudo de caso sobre o sistema de irrigação 4.0, explorando a Fazenda Santa Teresinha, em São Sebastião do Paraíso (MG), que utiliza o sistema de irrigação subterrâneo automatizado da empresa Netafim/Amanco, considerado o mais avançado do mundo. O objetivo do estudo foi analisar como a aplicação de cibersegurança pode ser capaz de contribuir para os sistemas avançados já existentes na agricultura 4.0 e de precisão das propriedades rurais, considerando aspectos de coleta, armazenamento, processamento e transmissão de dados.

Sendo a irrigação uma prática essencial para a garantia de produtividade e qualidade de culturas agrícolas, especialmente em longos períodos de seca ou ambientes não propensos a produção rural, a irrigação 4.0 serve como um sistema inteligente que aumenta a eficiência desse processo. Nela se é realizado a coleta e interpretação de dados em tempo real sobre os fatores que influenciam a precisão e agilidade por parte da administração de irrigação e nutrição no campo, além de fazer a separação por meio de talhões, racionando o consumo de recursos como água, insumos, energia elétrica e mão de obra. Os dados coletados são enviados para uma plataforma na nuvem, capaz de utilizar algoritmos de inteligência artificial, gerando recomendações personalizadas para cada talhão da fazenda, indicando os métodos mais eficientes de irrigação. O produtor pode acessar essas informações e controlar o sistema por meio de qualquer dispositivo inteligente de forma remota.

A aplicação da cibersegurança no contexto da agricultura digital se torna crucial, uma vez que envolve a proteção dos dados

gerados pelo sistema, bem como os aspectos de segurança da informação de confiabilidade, disponibilidade e integridade das informações. A falta da aplicação de medidas preventivas pode trazer diversos prejuízos aos produtores rurais, comprometendo muito além da produção. Dentre os desafios para a aplicação de cibersegurança nos sistemas avançados, pode-se encontrar:

- Proteção dos sensores contra invasões que possam comprometer a qualidade e a continuidade dos dados.
- Criptografia dos dados transmitidos pelos sensores para a plataforma em nuvem, evitando a interceptação ou alteração maliciosa por parte de invasores.
- Armazenagem dos dados em nuvem de forma segura para prevenir acesso indevido ou perda por conta de falhas técnicas ou possíveis desastres naturais.
- Garantia de que as recomendações geradas pela plataforma sejam consistentes com as necessidades e as condições reais da fazenda, evitando erros ou fraudes que possam prejudicar o desempenho da irrigação 4.0.

O estudo concluiu que a irrigação 4.0 é uma tecnologia promissora para a agricultura de precisão, beneficiando o aumento da produtividade, qualidade e sustentabilidade dos cultivos, mas que requer precauções com relação a segurança digital, garantindo o funcionamento e a proteção dos dados envolvidos no sistema. Além disso, é importante que se siga o desenvolvimento de iniciativas e políticas de desenvolvimento digital agrícola que promovam e regulamentem a utilização dessas tecnologias, permitindo que cada

vez mais produtores possam tirar proveito dos benefícios gerados de modo adequado, contribuindo para as comunidades e bioeconomias locais.

## 5. CONCLUSÃO

O objetivo do trabalho constitui-se em compreender o atual papel da agricultura de precisão no Brasil em relação ao mundo, bem como as vulnerabilidades cibernéticas encontradas, partindo de pesquisas bibliográficas que buscassem encontrar as possíveis fontes deste dilema, além de explorar as implicações para aplicação de segurança digital e soluções em potencial.

Com isso, é importante ressaltar a relevância do investimento em pesquisas no quesito de cibersegurança do setor agrícola. A falta de medidas específicas é algo que vem consequentemente levando a uma grande onda de pesquisas no setor agrícola, a motivação gerada por essa grande necessidade, faz com que muitos chegam a desenvolver e propor desde medidas, até frameworks específicos para cada ponto sensível relacionado a área da segurança de informação agrícola. Por conta disso, o investimento para o desenvolvimento e aplicação de futuros métodos preventivos é crucial para que a agricultura de precisão siga em ascendência e consiga se estabelecer de fato dentre a cultura agrícola dos países ao redor do globo.

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nossa sincera gratidão ao nosso orientador, coautor e professor, João Emmanuel D Alkmin Neves, que, valiosamente, nos cativou e nos apoiou ao longo do desenvolvimento do projeto de pesquisa. Sua experiência e

dedicação foram fundamentais para que o trabalho alcançasse seu potencial.

## REFERÊNCIAS

**Água no mundo.** Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo>>. Acesso em: 11 nov. 2023.

ALAHMADI, Adel N.; REHMAN, Saeed Ur; ALHAZMI, Husain S.; GLYNN, David G.; SHOAIB, Hatoon; SOLÉ, Patrick. **Cyber-Security Threats and Side-Channel Attacks for Digital Agriculture.** Sensors, [s. l.], ano 2022, v. 22, ed. 9, p. 3520, 5 maio 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/9/3520>. Acesso em: 9 set. 2023.

CABRAL DA SILVA SANTOS, Noeme; AMANCIO DA SILVA, Wellington. **Desafios e possibilidades da sustentabilidade na agricultura.** Revista GeoSertões, ano 2019, v. 4, n. 7, 30 jun. 2019. Artigos, p. 10-25. DOI <https://doi.org/10.56814/geosertoes.v4i7.964>. Disponível em: <https://cfp.revistas.ufcg.edu.br/cfp/index.php/geosertoes/article/view/964>. Acesso em: 27 nov. 2023.

DE SANTANA, Adrielli Santos et al. **Agricultura e diversidades: trajetórias, desafios regionais e políticas públicas no Brasil.** Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2022. 432 p. ISBN 978-65-5635-039-4. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/11302>. Acesso em: 13 set. 2023.

FERNEDA, Rodrigo; RUFFONI, Janaína. **TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 E AGRONEGÓCIO: uma reflexão para um conjunto de firmas do Rio Grande do Sul.** Anais do IV Encontro Nacional de Economia Industrial e Inovação: Inovação, Produtividade e os Desafios do Crescimento, São Paulo, ano 2019, v. 6, ed. 1, p. 1320-1338, ago. 2019. DOI 10.5151/iv-enei-2019-5.5-050. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/tecnologias-da-industria-40-e>

agronegocio-uma-reflexo-para-um-conjunto-de-firmas-do-rio-grande-do-sul-33212. Acesso em: 9 set 2023.

GHELANI, Diptiben. Cyber Security, **Cyber Threats, Implications and Future Perspectives: A Review**. American Journal of Science, Engineering and Technology, [s. l.], ano 2023, v. 3, n. 6, p. 12-19, 2023. Disponível em: <https://www.authorea.com/doi/full/10.22541/au.166385207.73483369>. Acesso em: 14 out. 2023.

**Irrigação 4.0 e o papel crucial na gestão da água na agricultura**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/especial-publicitario/netafim-sistemas-e-equipamentos-de-irrigacao/netbeat-o-primeiro-sistema-de-irrigacao-com-cerebro/noticia/2019/10/28/irrigacao-40-e-o-papel-crucial-na-gestao-da-agua-na-agricultura.ghtml>>. Acesso em: 11 nov. 2023.

**Irrigação Digital da lavoura é para todos?** Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/especial-publicitario/netafim-sistemas-e-equipamentos-de-irrigacao/netbeat-o-primeiro-sistema-de-irrigacao-com-cerebro/noticia/2019/10/10/irrigacao-digital-da-lavoura-e-para-todos.ghtml>>. Acesso em: 11 nov. 2023.

LI, Yuchong; LIU, Qinghui. **A comprehensive review study of cyber-attacks and cyber security: Emerging trends and recent developments**. Energy Reports, [s. l.], ano 2021, v. 7, p. 8176-8186, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484721007289>. Acesso em: 14 out. 2023.

MASSRUHÁ, Sílvia Maria Fonseca Silveira et al. **Agricultura Digital: Pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2020. 406 p. ISBN 978-65-86056-37-2.

**O que é irrigação 4.0?** Disponível em: <[https://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/especial-publicitario/netafim-sistemas-e-equipamentos-de-irrigacao/netbeat-o-primeiro-sistema-de-irrigacao-com-](https://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/especial-publicitario/netafim-sistemas-e-equipamentos-de-irrigacao/netbeat-o-primeiro-sistema-de-irrigacao-com-cerebro/noticia/2019/10/10/o-que-e-irrigacao-40.ghtml)

[cerebro/noticia/2019/10/10/o-que-e-irrigacao-40.ghtml](https://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/especial-publicitario/netafim-sistemas-e-equipamentos-de-irrigacao/netbeat-o-primeiro-sistema-de-irrigacao-com-cerebro/noticia/2019/10/10/o-que-e-irrigacao-40.ghtml)>. Acesso em: 11 nov. 2023.

SOTT, Michele Kremer. **O PAPEL DAS TECNOLOGIAS EMERGENTES NA AGRICULTURA DIGITAL: UM PANORAMA GERAL**. Anais do Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, Diamantina (MG) UFVJM, 2021, ano 2019, p. 1-7, 28 set. 2021. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/354294757\\_O\\_Papel\\_das\\_Tecnologias\\_Emergentes\\_na\\_Agricultura\\_Digital\\_um\\_Panorama\\_Geral](https://www.researchgate.net/publication/354294757_O_Papel_das_Tecnologias_Emergentes_na_Agricultura_Digital_um_Panorama_Geral). Acesso em: 9 set. 2023.

SOUZA, Marcos Paulo Rodrigues de; BIDARRA, Rcos Paulo. **Política pública de apoio à agricultura digital**. Revista de Política Agrícola, Brasil, ano 2023, v. 32, n. 2, p. 18-32, 2023. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1705/pdf>. Acesso em: 13 set. 2023.

STEPHEN, Simone; ALEXANDER, Keitavius; POTTER, Lucas; PALMER, Xavier-Lewis. **Implications of Cyberbiosecurity in Advanced Agriculture**. Proceedings of the 18th International Conference on Cyber Warfare and Security, Online, ano 2023, v. 18, n. 1, 28 fev. 2023. Academic Papers, p. 387-393. Disponível em: <https://papers.academic-conferences.org/index.php/iccws/article/view/995>. Acesso em: 9 set. 2023.

TEIXEIRA, C. A. **O enfraquecimento das políticas públicas para agricultura familiar: uma análise do PAA / The weakening of public policies for family agriculture: an analysis of PAA / El debilitamiento de las políticas públicas para la agricultura familiar: un análisis de la PAA**. REVISTA NERA, [S. l.], v. 26, n. 65, 2023. DOI: 10.47946/rnera.v26i65.9251. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/nera/article/view/9251>. Acesso em: 9 out. 2023.

YAZDINEJAD, Abbas; ZOLFAGHARI, Behrouz; AZMOODEH, Amin; DEGHANTANHA, Ali; KARIMPOUR, Hadis; FRASER, Evan; GREEN, Arthur G.; RUSSELL, Conor; DUNCAN, Emily. **A Review on Security of Smart Farming and**

**Precision Agriculture: Security Aspects, Attacks, Threats and Countermeasures.**  
Applied Sciences, MDPI AG, ano 2021, v. 11, ed. 16, p. 7518, 16 ago. 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/16/7518>. Acesso em: 9 set. 2023.