

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO OESTE, UNICENTRO

SETOR DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS, SESA

CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS, DECON

PEDRO HENRIQUE DE MACEDO CHAIA BATISTA

**IMPACTOS DA TECNOLOGIA DE PRECISÃO COM USO DE DRONES NA
AGRICULTURA PARANAENSE**

**Guarapuava/PR
2024**

PEDRO HENRIQUE DE MACEDO CHAIA BATISTA

**IMPACTOS DA TECNOLOGIA DE PRECISÃO COM USO DE DRONES NA
AGRICULTURA PARANAENSE**

Monografia apresentada ao curso de Ciências Econômicas da Universidade Estadual do Centro Oeste, UNICENTRO, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação da Prof.(a): Dr^a. Zoraide da Fonseca Costa

**Guarapuava/PR
2024**

PEDRO HENRIQUE DE MACEDO CHAIA BATISTA

**IMPACTOS DA TECNOLOGIA DE PRECISÃO COM USO DE DRONES NA
AGRICULTURA PARANAENSE**

Monografia apresentada ao curso de Ciências Econômicas da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dr^a. Zoraide da Fonseca Costa
Orientador

Prof. Dr. Marcio Marconato
Avaliador

Prof. Dr. Eduardo Lopes Marques
Avaliador

Aprovado em: 12/11/2024

AGRADECIMENTOS

Gostaria de iniciar este trabalho expressando minha mais profunda gratidão a Deus, por me conceder forças, sabedoria e resiliência ao longo de toda esta jornada. Foi pela Sua orientação que consegui superar os desafios e alcançar cada etapa deste processo, sempre com fé e esperança.

Agradecimento de coração à minha família, que sempre atuaram como alicerce em todos os momentos. À minha mãe, Rosimeri de Macedo Chaia Batista, e ao meu pai, Emerson Chaia Batista, por serem exemplos de dedicação, amor e incentivo constante e à minha irmã, Thiffany de Macedo Chaia Batista, pela paciência, apoio e por acreditarem em mim, mesmo nas horas em que duvidei de minhas próprias capacidades. Sem o carinho, suporte e palavras de encorajamento de vocês, este sonho não seria possível.

Estendo também meus agradecimentos a minha professora e orientadora, Zoraide da Fonseca Costa, por sua orientação precisa, pelas valiosas contribuições e por todo o conhecimento transmitido ao longo desta caminhada.

Por fim, agradeço à minha instituição UNICENTRO, por me fornecer as condições e a oportunidade de realizar este sonho. A estrutura, o ambiente e o suporte oferecido foram essenciais para que eu pudesse me desenvolver e conquistar este importante marco em minha trajetória.

A todos, meu sincero muito obrigado.

*“Faciám quodlibet quod necesse est.
Do latim, faça o que for necessário.”*

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo destacar a importância da tecnologia de precisão na agricultura paranaense, evidenciando como essa inovação vem contribuindo para a otimização de insumos e a redução dos impactos ambientais. A tecnologia de precisão permite que os produtores rurais utilizem ferramentas avançadas para monitorar e gerenciar seus esforços com maior precisão, resultando em uma aplicação mais eficiente de recursos como fertilizantes, defensivos e água. Essa abordagem tecnológica não só aumenta a produtividade, mas também diminui o desperdício e mitiga os danos ao meio ambiente, promovendo uma agricultura mais sustentável. A metodologia adotada consiste na coleta de dados provenientes de trabalhos acadêmicos e pesquisas anteriormente concluídas, obtidas de fontes secundárias visando uma maior assertividade. Esses dados permitiram uma análise detalhada sobre os impactos da tecnologia de precisão na agricultura em diversas regiões e diferentes climas e fora afunilada ao estado Paranaense, destacando tanto os benefícios econômicos quanto os ambientais. Os resultados se resumem em destacar a importância que o uso dessas tecnologias proporcionou ganhos na produção agrícola, ao mesmo tempo em que reduz a emissão de poluentes e o uso excessivo de insumos, como agroquímicos. Conclui-se que a adoção dessas tecnologias promove um equilíbrio entre produtividade e sustentabilidade, trazendo benefícios significativos para os agricultores e para o meio ambiente, reforçando a importância da modernização tecnológica para o desenvolvimento agrícola regional.

PALAVRAS-CHAVE: Drones; Agricultura; Precisão; Tecnologia.

ABSTRACT

The present study aims to highlight the importance of precision technology in agriculture within the state of Paraná, demonstrating how this innovation has been contributing to the optimization of inputs and the reduction of environmental impacts. Precision technology enables rural producers to utilize advanced tools to monitor and manage their operations with greater accuracy, resulting in more efficient application of resources such as fertilizers, pesticides, and water. This technological approach not only increases productivity but also reduces waste and mitigates environmental damage, fostering more sustainable agriculture. The methodology employed consists of data collection from previously concluded academic studies and research, obtained from secondary sources to ensure greater accuracy. These data facilitated a detailed analysis of the impacts of precision technology on agriculture across various regions and climates, with a focus on Paraná, highlighting both economic and environmental benefits. The results emphasize the significant impact that the use of these technologies has had on agricultural productivity, while also reducing pollutant emissions and the excessive use of inputs such as agrochemicals. It is concluded that the adoption of these technologies promotes a balance between productivity and sustainability, providing significant benefits to both farmers and the environment, and reinforcing the importance of technological modernization for regional agricultural development.

KEY- WORDS: Drones; Agriculture; Precision; Technology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Comparação entre produção da soja, milho e trigo ao decorrer de oito anos	29
Figura 2: Adoção de tecnologias de agricultura de precisão, em fazendas de soja e milho dos Estados Unidos, de 1996 a 2013.	54
Figura 3: Resultados de análise de solo obtidos pelo método convencional de amostragem	56
Figura 4: Resultados médios de análise de solo obtidos pelo método da AP de amostragem	56
Quadro 1: Correlação entre artigos utilizados nos resultados apresentados	27

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 Desenvolvimento da agricultura de precisão no Brasil	13
2.2 História da agricultura paranaense	16
2.3 Fundamento: tecnologia e agricultura de precisão	17
2.3.1 Otimização de insumos	19
2.3.2 Cuidados com o solo	21
2.3.3 Redução nos impactos ambientais	22
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	24
3.1 A caracterização da pesquisa	24
3.2 Coleta de dados	25
4 DISCUSSÕES SOBRE RESULTADOS	28
4.1 Uso do sensoriamento remoto como suporte a identificação de áreas de alto e baixo desempenho na cultura da soja: um estudo de caso na região de Jales-SP...31	31
4.2 Consultoria em agricultura de precisão no estado do Paraná	32
4.3 A importância do drone na agricultura de precisão	33
4.4 Agricultura de precisão e digital: perspectivas e desafios dos produtores rurais do estado de Paraná	35
4.5 Drones aplicados à agricultura de precisão	37
4.6 Utilização de drone na agricultura como ferramenta para auxiliar na tomada de decisões	39
4.7 Agricultura de precisão para o manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto	40
4.8 Agricultura de precisão	42
4.9 Aplicações da agricultura de precisão em sistemas de produção de grãos no Brasil	44
4.10 Variabilidade espacial e temporal da produtividade da soja em sistema arborizado no noroeste do Paraná	46
4.11 Agricultura de precisão no plantio, análise de produtividade da soja em uma propriedade no município de Braganey/PR	47
4.12 Adoção da agricultura de precisão no Brasil	49

4.13 Institucional Work dos atores sociais na agricultura de precisão na região de Guarapuava no Paraná	51
4.14 A agricultura de precisão no contexto do sistema de produção: lucratividade e sustentabilidade	52
4.15 Avaliação da fertilidade do solo por agricultura de precisão e convencional.....	55
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
6 REFERÊNCIAS.....	60

1 INTRODUÇÃO

A agricultura do Brasil tem um papel importante na geração de empregos e riqueza e uma gama de produtos, alimentos variados e bioenergia, tanto para o país quanto para o mercado internacional. Quando o setor cafeeiro entrou em baixa na metade do século XX, devido a superprodução e a mudança das condições do mercado mundial, a economia brasileira já apresentava considerável capacidade de resistência devido a sua natureza diversificada. Como cita Araújo (1977) a combinação do desenvolvimento agrícola e industrial foram os aspectos que mais impactaram para o aparecimento dessa economia diversificada, apresentando forte produção e resistência levando a um rápido crescimento segmentado. Segundo o Departamento de agricultura norte-americano, dos 845 milhões de hectares existentes no Brasil, cerca de apenas 50 milhões são utilizados para plantio (FAVA; ZYLBERSZTAJN; NEVES, 2005). Fato que gera certa preocupação, devido a toda riqueza presente e pouco explorada em nosso território.

O Paraná, por possuir um clima favorável e uma geografia diversificada. Torna-se destaque como um dos principais produtores agrícolas do Brasil devido sua diversidade de culturas e tecnologias agrícolas que tiveram avanços tecnológicos significativos ao decorrer dos anos. O estado paranaense adotou um papel importante no cenário agrícola brasileiro, visto que o Paraná se destaca como um pilar do desenvolvimento sustentável e da segurança alimentar do país, por conta da influência histórica da colonização.

A economia do Paraná depende fortemente da agroindústria e enfrenta desafios na modernização agrícola e no uso de tecnologias de precisão. Esta pesquisa utilizará dados de artigos científicos e estudos práticos para demonstrar os resultados de colheitas que fizeram uso da tecnologia de precisão, com drones, no Paraná. A pesquisa terá uma abordagem descritiva, apresentando o seguinte problema de pesquisa: Como a utilização de drones pode contribuir com a produção agrícola Paranaense?

O objetivo principal do trabalho, é destacar os benefícios ambientais e a importância dessas tecnologias para a sustentabilidade agrícola, apresentar também benefícios financeiros que acabam sendo acarretados pelas circunstâncias. O trabalho traz um destaque voltado à eficiência presente no uso de novas tecnologias

no processo produtivo de grãos quando utilizados métodos precisos de controle de pragas, otimizações de insumos, diminuição de impactos ambientais, análises de solo, redução de custos e a maximização do faturamento com o uso direto de drones através de pesquisas analisadas voltadas ao estado do Paraná.

As fontes de dados utilizadas foram as secundárias, obtendo dados de instituições e referências teóricas que embasem a pesquisa, usando as fontes secundárias nos dados de instituições privadas, públicas e referências teóricas selecionadas para apoiar os dados encontrados.

O uso dessas tecnologias pode proporcionar uma série de melhorias tanto sociais como ambientais, trabalhando diretamente em análises e longevidade do solo, redução de impactos ambientais, precisão no controle de pragas e o incentivo à longevidade agrícola, pois trata-se de um tema que gera grande preocupação para sobrevivência das próximas gerações. Portanto, será apresentado todo ciclo dentro do uso de tecnologias deste porte, esclarecendo que o planejamento correto acarreta em diversos fatores produtivos de eficiência agrícola, pois com a otimização do uso dos insumos, na medida correta, no horário correto e nos locais exatos, impacta diretamente na redução de custos, a eficiência no controle de pragas, está indiretamente ligada à redução de impactos ambientais que está diretamente ligada com a maior longevidade dos solos (acertando na longevidade agrícola).

Com a otimização de insumos, os desgastes em equipamentos diminuem, há uma redução nos custos de manutenção do maquinário agrícola e assistências técnicas. A captação de imagens aéreas ajuda o produtor a localizar pontos que possuem maiores evasões e concentração de água, apontando com precisão os pontos que precisarão de maior atenção no cultivo, todas essas informações possuem caráter essencial e estão diretamente ligados ao maior avanço que será vivenciado no processo do avanço no desenvolvimento da agricultura 4.0.

A Agricultura de precisão está ganhando destaque como uma técnica que permite o gerenciamento localizado dos cultivos, sendo vista como uma promessa para melhorar processos produtivos e otimizar a utilização de insumos. Segundo Pinto et al. (2017, p. 13), “a produção agrícola em agricultura de precisão é baseada em tecnologias separadas, porém interdependentes, que formam a base para sistemas de gestão projetados para coletar dados e informações agronômicas”. Assim, é considerada uma das principais apostas do setor agroindustrial.

No capítulo seguinte, será abordada a estrutura de retrospecto do período de 1980 até os dias atuais sobre a história do desenvolvimento da agricultura Brasileira e Paranaense, fazendo abordagens voltadas ao desenvolvimento da agricultura tradicional e o seu processo até chegar na realidade atual. Ainda é ressaltado um breve embasamento informando a importância dos cuidados voltados à otimização de insumos, cuidados com o solo e a redução dos impactos ambientais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A cada dia que passa, demandas generalizadas aumentam e a exigência do mercado cresce, a era tecnológica já é uma realidade e todos estão sujeitos a aceitar e encarar essa realidade, tal qual não é distinta para o setor do agronegócio. Toda vez que tocados em assuntos sobre inovações e tecnologia inconscientemente são temas que acabam gerando discussões e nunca tiveram um fácil aceite por todos, por se tratar de algo novo, como cita Camargo (2019) tudo aquilo que é desconhecido, mesmo que inconscientemente, acaba gerando uma restrição imediata, pois “O novo assusta”.

2.1 Desenvolvimento da agricultura de precisão no Brasil

O desenvolvimento da agricultura brasileira sempre passou por diversas dificuldades, mas também sempre foi conhecida por sua força na produção agroexportadora e alta produtividade agrícola que sempre fora apresentada de forma diversificada que se beneficia de condições climáticas, vastas extensões de terra e avanços tecnológicos que aumentam a produtividade. Silva; Botelho (2014) citam que o estudo histórico do processo de modernização da agricultura e da transformação do padrão tecnológico nas décadas de 1960 e 1970 vieram para ajudar a compreender a produção atual na agropecuária brasileira. É essencial aprofundar esse contexto para examinar as relações entre os principais atores envolvidos na produção aplicada à produção agrícola.

Antes da modernização da agricultura, até a década de 1960, a tecnologia empregada na maioria das propriedades agrícolas era pouco sofisticada e bastante limitada a determinados cultivos. Existe pouca documentação sobre as taxas de adoção da agricultura de precisão nos países em desenvolvimento. Mondal; Basu (2009) relatam que nações como Argentina, Brasil, China, Índia e Malásia iniciaram a implementação com maior frequência dessa tecnologia recentemente, fato que preocupa devido à influência agroexportadora desses países.

Muito se explica devido à dificuldade que pequenos agricultores enfrentaram e

ainda enfrentam na adoção dessas novas tecnologias, devido o requerimento do alto investimento inicial para implementar os avanços tecnológicos em seu dia a dia. Yigezu et al. (2018) cita que a compatibilidade da inovação com o conjunto existente de recursos, práticas e tecnologias também podem influenciar a intensidade da adoção. Por exemplo, a falta de compatibilidade com as tecnologias existentes e os elevados investimentos iniciais necessários são fatores que contribuem para a baixa adoção da agricultura de precisão.

Segundo Silva; Botelho (2014) a partir de 1980 as pressões da hiperinflação e a oscilação desenfreada dos preços dos produtos constituíram variáveis que assinalaram os novos desafios para a produção, além das questões políticas decorrentes da abertura democrática e dos valores culturais resultantes da nova conjuntura internacional. Já para Navarro (2001) os impactos resultantes dos dois choques da crise do petróleo e da crise que atingiu os países do capitalismo avançado, produziram níveis inflacionários de valores exorbitantes e desemprego. Levando a mudanças culturais, sociais e econômicas da época, influenciando indiretamente em diversos fatores que ocasionaram em mudanças de práticas agrícolas.

A partir de 1990, a agricultura de precisão passou a ganhar um espaço mais relevante no país, as primeiras abordagens utilizaram tecnologias como GPS, sensores e análise de dados para otimizar o uso de insumos agrícolas, como fertilizantes e defensivos, minimizando desperdícios e impactos ambientais. A agricultura de precisão da época permitia o manejo detalhado de pequenas áreas dentro de uma propriedade, aumentando a eficiência e a sustentabilidade (MOLIN; AMARAL; COLAÇO, 2015).

As primeiras atividades ligadas à agricultura de precisão se deram a partir da importação de equipamentos (1990), mais especificamente colhedoras equipadas com monitores de produtividade de grãos. No início do ano de 2000, surgiram as primeiras máquinas aplicadoras brasileiras equipadas com controladores para taxas variáveis nacionais, porém eram exigidos altos custos operacionais na época devido erros intencionais aplicados pelo governo norte-americano nos sistemas de GPS para segurança civil (MOLIN; AMARAL; COLAÇO, 2015, p. 3).

Embora a Implementação dessas tecnologias pareça ser essencial para a competitividade e o desenvolvimento da agricultura, conforme cita o estudo científico de Poppe; Haheim (2016), a agricultura de precisão é um sistema de gestão complexo que exige a mudança de uma tomada de decisão empírica para processos de decisão baseados em dados, com benefícios difíceis de quantificar antecipadamente.

Durante o decorrer da década de 1990 e 2000, o governo brasileiro implementou diversas políticas macroeconômicas e agrícolas que estimularam a modernização do setor. A estabilização da economia começa a ganhar corpo, com controle da inflação e ajustes nas taxas de câmbio, criando um ambiente mais favorável para os investimentos na agricultura. Além disso, o avanço nas tecnologias e a mecanização agrícola permitiram um aumento significativo na produtividade e na competitividade do setor agrícola brasileiro, destacando-se na sua maior parte nas exportações de commodities. (SCHNEIDER, 2010).

Conforme ainda Schneider (2010) cita, um marco importante desse período foi a criação do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) em 1996, (programa voltado para o apoio aos pequenos agricultores) que foi fundamental para o desenvolvimento da agricultura familiar no Brasil, oferecendo crédito acessível e condições favoráveis para a modernização das pequenas propriedades rurais. O PRONAF teve um impacto significativo, com um crescimento exponencial em termos de recursos e contratos, especialmente a partir de 2004, quando superou a marca de um milhão e meio de contratos financiados.

Outro aspecto significativo do desenvolvimento agrícola brasileiro foi a integração das cadeias produtivas, desde a produção de insumos até o processamento e distribuição. Esse processo de modernização e organização do agronegócio resultou em uma maior participação do setor no PIB do Brasil. Em 2016, o agronegócio representou 23% do PIB e 46% do valor das exportações, empregando milhões de pessoas em diferentes segmentos do setor. (EMBRAPA, 2018).

Uma das principais convergências no ramo agrícola é derivada das geotecnologias, da agricultura de precisão e da internet das coisas (IoT). Associada à evolução exponencial da inteligência artificial e à visão computacional, essa convergência tem proporcionado novos cenários para as propriedades rurais de diferentes escalas, a chamada smart farming. Essa transformação digital da agricultura amplifica inovações do dia a dia e permite, por exemplo, a aquisição de dados e a supervisão de operações do plantio em tempo real. Máquinas inteligentes são acionadas remotamente ou de forma autônoma. Aplicativos para pequenos, médios e grandes produtores são desenvolvidos com foco em gestão das áreas agrícolas, cotação de insumos, previsão de clima, identificação de pragas, uso de defensivos, irrigação, adequação ao Código Florestal e comercialização (EMBRAPA, 2018, p. 135).

Nota-se que são exigidos cursos técnicos para manuseio dessas tecnologias atualmente, pois demandam alta precisão do operador e capacidade de compreender

os comandos necessários para que se obtenham os resultados esperados, o que pode exigir um custo inicial um pouco alto para agricultores de pequeno porte.

2.2 História da agricultura paranaense

Com a chegada dos imigrantes europeus no final do século XIX e início do século XX se intensificou uma transformação significativa na agricultura paranaense. Diversas culturas, Italianos, alemães, poloneses e ucranianos trouxeram novas técnicas agrícolas e introduziram novas culturas, como a uva, o trigo e o café.

No início do século XX, o cultivo do café começou a ganhar destaque no norte do Paraná, impulsionado pela expansão da ferrovia que facilitava o escoamento da produção. A cafeicultura trouxe avanços para a região, atraindo investimentos e promovendo o desenvolvimento de infraestruturas urbanas. No entanto, durante várias semanas da década de 1950, a expansão da cafeicultura em outras regiões do Brasil levou à diversificação agrícola no Paraná. (TRINTIN, 2009).

Trintin (2009) ainda cita que com o decorrer dos anos, e o declínio da cafeicultura, foi a época em que os agricultores paranaenses começaram a investir em outras culturas, como soja, milho e trigo, que se tornaram pilares da economia agrícola do estado. A introdução de novas tecnologias agrícolas, como o uso de tratores e colheitadeiras, e a adoção de práticas de manejo integradas de planejamento e fertilização eficiente, aumentaram significativamente a produtividade.

Na segunda metade do século XX, a agricultura paranaense passou por um processo de modernização acelerado. A Emater (Empresa Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural), fundada em 1956, desempenha um papel crucial nesse processo, ela quem acabou prestando serviços especializados e assistência técnica aos agricultores, promovendo a disseminação de tecnologias modernas. A pesquisa agropecuária também acabou se intensificando, com instituições como o Instituto Agrônomo do Paraná (APAR) desenvolvendo variedades melhoradas de culturas e diferentes cultivos adaptados às condições locais.

Um grande avanço na agricultura brasileira, foi a introdução de novas variedades de sementes, desenvolvidas para serem mais resistentes a pragas e doenças, além de adaptadas às condições climáticas e de solo do Brasil. A Embrapa

(Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), criada em 1973, desempenhou um papel crucial nesse processo, pois realizou pesquisas que resultaram em uma melhor qualidade no cultivo de grãos, gerada/influenciada por diversas culturas, como no plantio de soja, milho, trigo e arroz. (MIRANDA, 2021).

Segundo análises feitas por Aragão; Contini (2021) o Paraná passou a se consolidar como um dos maiores produtores agrícolas do Brasil, destacando-se nas produções de soja, milho, trigo, feijão, café e, mais recentemente, na produção de frango e suínos. Segundo dados fornecidos pela EMBRAPA, em 2020, o Brasil produziu 239 milhões de toneladas de grãos e exportou 123 milhões de toneladas, se tornando o quarto maior produtor de grãos. A integração entre a agricultura e a pecuária se intensificou, e com a rotação de culturas e a utilização de subprodutos agrícolas na alimentação animal, otimizou-se o uso da terra levando a um aumento da eficiência produtiva.

Nos últimos anos, a agricultura paranaense tem enfrentado novos desafios e acabaram surgindo novas oportunidades. Questões ambientais e de sustentabilidade ganharam destaque, com a implementação de práticas de agricultura de conservação e a adoção de tecnologias mais sustentáveis, nota-se que o agronegócio paranaense tem investido em inovações com grande foco na agricultura de precisão, buscando equilibrar a produção e focar na preservação ambiental.

Além disso, a adoção de práticas de agricultura de conservação, como o plantio direto e a rotação de culturas, vem contribuindo com grande frequência para a melhoria da qualidade do solo e a redução da erosão. Essas práticas ajudam a manter a fertilidade do solo e a conservar a água, promovendo uma produção agrícola mais sustentável a longo prazo. A utilização de subprodutos agrícolas na alimentação animal também tem se mostrado uma estratégia eficaz para reduzir custos e aumentar a eficiência produtiva.

2.3 Fundamento: tecnologia e agricultura de precisão

A tecnologia utilizada por drones têm a capacidade de carregar avançadas técnicas jamais vistas que podem trazer possibilidades e resultados excepcionais para o avanço agroindustrial, como câmeras que captam múltiplos espectros de luz e

sensores que detectam calor infravermelho. Essas ferramentas permitem identificar com precisão as demandas das plantas e aplicar insumos de forma específica, direcionando-os apenas para as áreas que necessitam de intervenção.

Conforme cita Molin (2015), “devemos contestar o termo “Agricultura de precisão”, pois a palavra “precisão” pretende se referir ao grau de aproximação da grandeza mensurada ao valor verdadeiro, porém o termo correto para tal é “exatidão”. “Precisão”, na verdade, refere-se à repetitividade na mensuração de uma determinada grandeza, logo o termo apresenta uma distorção na origem. O correto seria a referência à agricultura com exatidão maior do que aquela com que já é praticada. Para se atingir maior exatidão, é necessário utilizar recursos para aumentar a resolução em todo processo, desde diagnóstico, com mais dados, até intervenções com auxílio de automação. (MOLIN; AMARAL; COLAÇO, 2015, p. 5).

A agricultura de precisão precisa ser vista como uma forma importante de incorporação de novos sistemas que envolvem sim, novos desafios, novos equipamentos e novas dificuldades.

Gonçalves (2022) cita que a agricultura de precisão tem como finalidade atingir uma tecnologia moderna que é direcionada ao manejo direto do solo, dos insumos e também das culturas de um determinado local, levando em consideração tanto variações espaciais como temporais de fatores que podem ou não, comprometer a produtividade.

O Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA (2013) classifica como uma ferramenta de precisão agrícola, qualquer sistema de gerenciamento baseada na variação espacial e temporal da unidade produtiva que vise ao aumento do retorno econômico, à sustentabilidade e à minimização do efeito ao ambiente.

Essa abordagem leva em consideração as variações espaciais e temporais que ocorrem nos fatores ambientais e de cultivo, os quais podem influenciar diretamente a produtividade das lavouras. Dessa forma, a agricultura de precisão procura ajustar as práticas agrícolas de maneira precisa e localizada, a fim de maximizar a eficiência e os resultados.

Gonçalves (2022) ainda ressalta que diversos pesquisadores apontam que a agricultura de precisão representa um conjunto de técnicas e métodos que pressupõem uma gestão detalhada e localizada das culturas. Essas técnicas incluem o uso de sensores, sistemas de georreferenciamento, análises de dados e outras tecnologias que permitem monitorar e ajustar as condições de cultivo em tempo real. Assim, a agricultura de precisão não só melhora a produtividade e a sustentabilidade

das práticas agrícolas, mas também contribui para a redução de desperdícios e o uso mais eficiente dos recursos disponíveis.

Quando direcionamos uma ferramenta para realizar algum tipo de tarefa, como por exemplo direcionar os insumos somente para as regiões que demandam, os agricultores economizam consideravelmente o desperdício de fertilizantes, pesticidas e demais substâncias químicas, o que pode ser traduzida como novas economias e potenciais ganhos futuros.

Nos próximos capítulos foram apontados os três principais pilares (interligando-os) para aqueles que buscam obter resultados excelentes em sua safra. Destaco nos presentes subtópicos os benefícios que os drones propõem, apresentando e exemplificando com teorias e abordagens específicas ambas voltadas ao ramo do agronegócio.

2.3.1 Otimização de insumos

Originalmente, o drone foi desenvolvido como uma ferramenta militar e era conhecido por vários nomes, como Veículo Aéreo Não Tripulado (UAV), Aeronave Miniatura Sem Piloto ou Mini-robôs Voadores. Atualmente, está sendo utilizado em diversos setores, incluindo o empresarial, infraestrutura, agricultura, segurança, mineração, entretenimento, telecomunicações e transporte. (FURTADO et al., 2023).

Segundo estudos realizados por Garcia; Burgess (2022) nos últimos vinte e cinco anos, aconteceram avanços significativos no sensoriamento remoto aplicado à agricultura de precisão. As imagens de satélite progrediram em termos de resolução espacial, frequência e resolução espectral. As imagens aéreas transformaram a capacidade de identificar diversas características das culturas, como nutrientes, água, pragas, doenças, ervas daninhas e estrutura da copa. Um dos principais, talvez um dos mais discutidos desafios enfrentados por agricultores e produtores rurais é enfrentar grandes perdas e fortes indícios de desperdício de insumos agrícolas em suas lavouras.

Otimizar perdas é um dos objetivos mais almejados em âmbitos macroeconômicos, buscando alcançar uma redução de custeio a longo prazo, o uso de drones junto com toda sua tecnologia, permite uma aplicação precisa de

fertilizantes, pesticidas e outros insumos, garantindo que sejam usados na quantidade correta, no momento adequado e em específicos locais de manejo. Segundo Furtado, et al. (2023) por meio do uso de tecnologias como sensores e drones, “é possível realizar um monitoramento mais detalhado das plantações, das condições climáticas e do solo, o que garante um controle mais preciso das atividades de supervisão, adubação e aplicação de agroquímicos”.

Os drones equipados com câmeras de alta resolução e sensores multiespectrais tem o poderio de sobrevoar as áreas agrícolas com intuito de realizar a coleta de dados detalhados sobre a saúde das plantas, a condição do solo e a presença de pragas ou doenças, em suma, a tecnologia de precisão atua enfatizando a análise e o gerenciamento de dados em tempo real, em vez de apenas analisar e gerenciar o gerenciamento de dados espaciais, ela atua envolvendo tanto o recolhimento de dados na gestão de informações, como analisando e monitorando processamento informático, posicionamento em campo, monitorização da produção, detecção remota e concepção de sensores. (MULLA, 2013, p. 362).

A identificação de problemas precoces é um dos principais e mais utilizados objetivos do uso de drones na agricultura de precisão, pois auxilia na constatação de áreas estressadas por pragas, doenças ou deficiências nutricionais antes que sejam visíveis a olho nu, expondo precisamente locais que necessitam de uma atenção maior no processo de mapeamento de variabilidade do solo, onde são fornecidas informações sobre a variação do solo, permitindo uma aplicação mais precisa de fertilizantes, correções de espaço (escoamento) levando à melhores condições de irrigamento, acarretando a melhoria geral do espaço de cultivo conforme as necessidades específicas de cada área. (GONÇALVES, 2022).

Gonçalves (2022) ainda cita que tecnologia presente nos drones possibilita um georreferenciamento preciso nas lavouras, fazendo com que a aplicação de defensivos seja realizada de maneira exata, nas quantidades adequadas e no momento oportuno, proporcionando um controle mais eficaz das pragas. Além disso, o uso dos drones permite acessar e realizar aplicações em áreas de difícil acesso, onde tratores ou pulverizadores autopropelidos não conseguiriam chegar.

2.3.2 Cuidados com o solo

Os drones viabilizam a cobertura ágil e eficaz de vastas áreas de terra, otimizando a gestão do tempo e dos recursos dos agricultores. Além disso, permitem um planejamento específico para a aplicação dos insumos no momento mais adequado, potencializando sua eficácia.

Apesar do custo inicial específico para aquisição de drones e tecnologia associada, a médio e longo prazo, os agricultores podem reduzir despesas com insumos, mão de obra e equipamentos, o que resulta em uma operação mais rentável.

Evitar o uso de veículos pesados para a aplicação de insumos agrícolas, são medidas que auxiliam na diminuição da erosão do solo, uma vez que não compactam adicionalmente o solo e causam menos perturbação em sua superfície. Isso resulta em uma preservação mais eficaz da estrutura do solo e reduz a perda de nutrientes e matéria orgânica. (SHAHEB; VENKATESH; SHEARER, 2021). Com menos perturbação do solo causada pela operação de equipamentos pesados, há uma redução na degradação do solo e na perda de nutrientes. Isso ajuda a manter a fertilidade do solo por um longo prazo, garantindo um ambiente propício para o cultivo contínuo de safras saudáveis.

Os drones podem carregar pesquisas avançadas e sensores especializados que possibilitam o acompanhamento em tempo real das áreas agrícolas. Isso capacita os agricultores a identificarem facilmente a presença de estimativa e monitorar sua variedade com precisão. Voando regularmente sobre as plantações, os drones conseguem identificar a infestação antes que sejam visíveis a olho nu. Isso viabiliza uma ação precoce, prevenindo danos significativos às safras. Apenas 1,1% das explorações agrícolas adotaram drones ou robótica nas suas explorações. (ANNOSI et al., 2019).

Com os drones assumindo tarefas como monitoramento de cultivos, mapeamento de terrenos e escassez de insumos, os equipamentos agrícolas, como tratores e pulverizações, são menos utilizados. Isso reduz o desgaste e a necessidade de manutenção frequente desses equipamentos.

A utilização de drones para aplicação de insumos minimiza a possibilidade de compactação do solo e danos às plantas, que são frequentes quando se utilizam

equipamentos agrícolas pesados. Isso leva a uma redução na necessidade de reparos nos equipamentos e, conseqüentemente, a uma economia nos custos relacionados.

2.3.3 Redução nos impactos ambientais

A utilização de drones na agricultura surge como uma inovação tecnológica promissora, capaz de proporcionar uma série de benefícios que contribuem para a sustentabilidade e maior longevidade do solo.

A redução dos impactos ambientais é uma necessidade urgente em um mundo cada vez mais preocupado com as mudanças climáticas, a escassez de recursos e a sustentabilidade das práticas agrícolas. Drones, equipados com tecnologia avançada, oferecem um monitoramento preciso e regular das plantações, permitindo a identificação precoce de problemas como pragas, doenças e deficiências nutricionais.

A agricultura de precisão, viabilizada pelos dados detalhados coletados por drones, uma aplicação otimizada de água, fertilizantes e pesticidas, reduzindo o desperdício e a lixiviação de nutrientes para os lençóis freáticos. Além disso, o mapeamento detalhado das variabilidades do solo permite identificar áreas que necessitam de tratamentos específicos, promovendo uma utilização mais racional dos insumos agrícolas e preservando a fertilidade do solo a longo prazo. (SISHODIA et al. 2020). Com o passar dos anos, tecnologias de sensores de drones passaram a avaliar a saúde das plantas e a composição do solo, indicando deficiências nutricionais e permitindo um manejo mais preciso da fertilização, práticas como o cultivo rotativo e a cobertura do solo, facilitadas pelos dados coletados, enriquecem o solo e previnem a compactação e a perda de nutrientes.

A gestão de habitats naturais e o cuidado de áreas agrícolas é facilitada pelo monitoramento constante, garantindo que as práticas agrícolas não invadam ou destruam esses ecossistemas importantes, pois a preservação dessas áreas contribui para a saúde ecológica geral e para a longevidade do solo. A precisão e a eficiência proporcionadas pelo uso desse estilo tecnológico, estimulam a sustentabilidade das práticas agrícolas que garantem a conservação dos recursos naturais e promovem a saúde do ecossistema. Incentivar o uso de drones na agricultura é alinhar-se aos objetivos de uma agricultura moderna que busca equilibrar produtividade com

responsabilidade ambiental, o que, conseqüentemente acaba contribuindo para um futuro mais sustentável e equilibrado. (GARCIA; BURGESS, 2022).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa foi conduzida utilizando métodos qualitativos, planejada com base em quinze artigos, os quais foram selecionados baseados em seus resultados, o principal objetivo de seleção dos artigos foi localizar dados que apresentassem características obtidas em campo, não foram baseados em regiões ou quaisquer tipos de parâmetros, a ideia principal é destacar os impactos que as tecnologias de precisão possuem na agricultura com o uso da agricultura de precisão, garantindo resultados reais através da vivência e prática natural. Os resultados serão fundamentados visando refletir a realidade dos agricultores e comprovar a importância dos temas discutidos no contexto econômico atual.

A pesquisa qualitativa procura validar os dados por meio de entrevistas transcritas, observações, desenhos e uma variedade de documentos. Essa abordagem visa uma compreensão profunda e extensa do contexto em estudo, incluindo tanto o ambiente quanto as pessoas nele inseridas. Através dessa imersão qualitativa, os pesquisadores podem capturar nuances, perspectivas e complexidades que podem escapar a métodos estritamente quantitativos. (GODOY, 1995).

3.1 A caracterização da pesquisa

A pesquisa terá uma abordagem descritiva, que de acordo com GIL (2008), visa descrever as características de algum fenômeno que ocorre em determinada população ou estabelecimento ou relação entre variáveis que possam aparecer. Foram realizadas pesquisas em cima de resultados de casos reais aplicados à campo, analisando e realizando um comparativo retrógrado que agrega aos resultados e demanda consequente da pesquisa durante uma linha de tempo.

A pesquisa é de caráter bibliográfico, permitindo que o pesquisador fundamente seu estudo em conhecimentos já estabelecidos, identifique lacunas na literatura existente e direcione sua investigação de maneira mais eficaz. Segundo Marconi e Lakatos (2007), a pesquisa bibliográfica "abrange toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas,

livros, pesquisas, monografias, teses, material cartográfico, entre outros". Essa definição ressalta a importância da abrangência na coleta de material, garantindo uma visão completa e sólida do assunto.

Gil (2008) complementa que "a pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos". Ele destaca que essa modalidade de pesquisa é fundamental para a construção do referencial teórico de um estudo, pois fornece subsídios para a formulação do problema de pesquisa, hipóteses e metodologia.

3.2 Coleta de dados

O presente trabalho apresenta dados retirados de fontes secundárias. Quanto aos dados bibliográficos, a busca foi em artigos na base de dados do google acadêmico e periódicos Capes, e IBGE nas quais foram extraídas informações de dados de instituições públicas e privadas e fizemos o uso de referências teóricas como formato "base" fundamentando o conceito da presente pesquisa que dão corpo e embasamento para os resultados obtidos na pesquisa.

Foram selecionados trabalhos acadêmicos que abordaram o tema "agricultura de precisão" e "uso de drone". Para isso as principais palavras chaves para localização dos artigos científicos foram; "Drones; Agricultura; Precisão; Tecnologia". Sendo o parâmetro principal para utilização dos artigos localizados.

Os resultados dos artigos foram analisados, respeitando objetivo dos artigos, sendo encontrados e discutidos os seguintes artigos (Quadro 1).

Título do trabalho	Autores	Local de aplicação	Objetivo
Uso do sensoriamento remoto como suporte a identificação de áreas de alto e baixo desempenho na cultura da soja: um estudo de caso na região de Jales-SP	Costa; Tondato (2023)	Jales-SP	Explora o uso de tecnologias da Agricultura 4.0, como sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica.
Consultoria em agricultura de precisão no estado do Paraná	Spineli (2021)	Londrina-PR	Uso de tecnologias agrícolas, como drones e amostras georreferenciadas, para

			consolidar o aprendizado teórico e prático.
A importância do drone na agricultura de precisão	Taconi (2020)	Arapongas-PR	O estudo evidencia a importância dos drones na agricultura, especialmente para reduzir desperdícios e melhorar a aplicação de insumos como pesticidas e fertilizantes.
Agricultura de precisão e digital: perspectivas e desafios dos produtores rurais do estado de Paraná	Kolling; Rampim (2021)	Oeste e Centro-Sul do Paraná	Analisa os desafios e as perspectivas para a adoção da agricultura de precisão e digital entre produtores do Paraná.
Drones aplicados à agricultura de precisão	González et al. (2015)	Bogotá, Colombia	O artigo destaca os drones como ferramentas essenciais na agricultura, permitindo monitoramento remoto preciso e eficiente em diferentes terrenos e culturas.
Utilização de drone na agricultura como ferramenta para auxiliar na tomada de decisões	Halberstadt (2022)	Rio Grande do Sul	Utilizando drones comerciais e softwares como Dronedeploy e QGIS, o estudo mapeou áreas de cultivo, estradas e crescimento ao longo de três safras.
Agricultura de precisão para o manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto	Machado; Bernardi; Silva (2004)	Carambeí-PR	Analisa a fertilidade e adubação do solo em um sistema de plantio direto, utilizando técnicas de Agricultura de Precisão como geoinformática e SIG.
Agricultura de precisão	Inamasu; Bernardi (2014)	Brasília-DF	O artigo destaca a importância da ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável da agricultura no Brasil, com foco na automação e agricultura de isolamento.
Aplicações da agricultura de precisão em sistemas de produção de grãos no Brasil	Cruvinel; Karam; Beraldo (2014)	São Paulo; Minas Gerais	O estudo trabalha com foco na gestão da variabilidade espacial da fertilidade do solo e na aplicação de insumos em taxa variável.
Variabilidade espacial e temporal da produtividade da soja em sistema arborizado no noroeste do Paraná	Franchini et al. (2014)	Santo Inácio-PR	O estudo investigou o impacto das árvores em um sistema de integração lavoura-pecuária-floresta

			(iLPF) na produtividade da soja.
Agricultura de precisão no plantio, análise de produtividade do soja em uma propriedade no município de Braganey/PR	Luvisa; Madureira ; Heringer (2024)	Braganey-PR	É realizada uma comparação entre o cultivo de soja com e sem Agricultura de Precisão (AP) na safra 2023/2024.
Adoção da agricultura de precisão no Brasil	Bernardi; Inamasu (2014)	MA, PI, MS, MT, BA, PR, RS, MG e GO	Pesquisa realizada à campo sobre a adoção da Agricultura de Precisão (AP) entre produtores das principais regiões agrícolas do Brasil, com dados de 301 proprietários.
Institucional Work dos atores sociais na agricultura de precisão na região de Guarapuava no Paraná	Zastavny (2020)	Guarapuava-PR	Por meio do “trabalho institucional”, explora como atores sociais, produtores, indústrias, academia e fornecedores que interagem para implementar práticas agrícolas sustentáveis.
A agricultura de precisão no contexto do sistema de produção: lucratividade e sustentabilidade	Mantovan i et al. (2020)	Sete Lagoas-MG	Analisa os impactos econômicos da Agricultura de Precisão (AP) no cultivo de milho e soja no Brasil
Avaliação da fertilidade do solo por agricultura de precisão e convencional	Souza; Moreira; Castro (2016)	Inhaúma-MG	O estudo comparou a amostragem de solo entre a agricultura de precisão (AP) e a agricultura convencional (AC).
Total:	15		

Quadro 1: Correlação entre artigos utilizados nos resultados apresentados

Fonte: Elaborado pelo autor

O Quadro 1 apresenta a correlação entre os artigos utilizados nos resultados, destacando a importância da tecnologia de precisão na agricultura paranaense. A análise mostra que o uso de drones e outras tecnologias avançadas otimiza a aplicação de insumos, reduz impactos ambientais e aumenta a produtividade agrícola, promovendo uma agricultura mais sustentável.

4 DISCUSSÕES SOBRE RESULTADOS

O presente trabalho apresentou dentro dos parâmetros encontrados, quinze resultados obtidos em situações reais de pesquisas feitas por diversas áreas de aplicação, as quais trabalharam diferentes localizações de aplicabilidade, mas apresentando e respeitando os seguintes parâmetros: A utilização de dados reais ou estudos de caso que podem ser utilizados e aproveitados para a aplicação na realidade da agricultura Paranaense.

Através da presente pesquisa, se tornou claro o fato de que adotar novas tecnologias vem deixando de ser um desafio e sendo apresentada e mais visada no mercado competitivo, cada vez mais temos que nos adaptar ao novo e aceitar que precisamos disso para evoluir.

Segundo Bem (2024) um dos maiores desafios na adoção dessas tecnologias, mais precisamente de drones na agricultura, é o custo inicial de aquisição e manutenção dos equipamentos. Drones de alta qualidade, equipados com sensores avançados e câmeras multiespectrais, podem ser bastante caros, tornando difícil para pequenos e médios agricultores justificarem o investimento inicial. Além disso, há custos adicionais relacionados ao treinamento de pessoal para operar os drones e interpretar os dados coletados. Para que a integração tecnológica seja bem-sucedida, é fundamental que os agricultores e operadores de drones recebam treinamento adequado. Isso inclui o uso de drones, interpretação de dados, e a utilização de softwares de análise e sistemas de gerenciamento agrícola.

Segundo González et al., (2015) para uma boa organização e um desenvolvimento promissor é preciso seguir alguns passos para que sejam obtidos os resultados que almejamos:

- 1) Fase Operação: nesta fase é realizado o monitoramento da área selecionada através da detecção das variáveis de importância para o estudo; Aqui também são planejados o voo e a obtenção de imagens com ótima resolução por safra. Da mesma forma, drones e UAVs (Veículos Aéreos Não Tripulados) são implementados para a realização de voos; Preferencialmente, pretende-se que sejam autônomos e, da mesma forma, que recolham dados e imagens. toda a área a ser analisada, estimando também o tempo de voo e a quantidade de informações capturadas, bem como os sensores e equipamentos mais adequados a serem utilizados; 2) Fase de Pós-processamento: nesta etapa são processadas as imagens previamente obtidas pelo drone e geradas as imagens térmicas e

multiespectrais NDVI da área para avaliar o estado das lavouras; Com essas informações são elaborados mapas com os dados de importância para os agricultores e assim poder atuar com base nas decisões tomadas. Para a geração do NDVI é importante ter a imagem em cores reais; isto é, o RGB em que a banda vermelha é combinada com a banda infravermelha; onde a análise esperada funcionará com infravermelho próximo, distante ou térmico e o resultado permite avaliar a saúde da vegetação planta por planta, folha por folha, de acordo com a resolução espacial, que é a equivalência do tamanho do pixel no terreno que é apresentada o sensor; 3) Fase de Aplicação às culturas: nesta última etapa, as ações são levadas em consideração o que consta nos mapas, que servem de auxílio para detectar os problemas sofridos pela vegetação e pelas culturas; Da mesma forma, a forma de agir é determinada com base na avaliação da rentabilidade económica e ambiental com o objetivo de que a área a ser tratada seja mais produtiva ao longo dos anos (GONZÁLEZ et al., 2015, p. 29–30- tradução nossa).

Segundo dados extraídos do IBGE (2024a; 2024b; 2024c) é possível observar um aumento constante na produção de soja até 2019, uma queda em 2021 e uma nova alta até 2023, atingindo o maior valor do período, em torno de 22 milhões. Também na produção de milho apresenta um crescimento até 2019, uma queda acentuada em 2021 e uma recuperação expressiva até 2023, atingindo cerca de 20 milhões, e na produção de trigo se mantém estável ao longo do período, com pequenas flutuações, permanecendo sempre abaixo de 5 milhões.

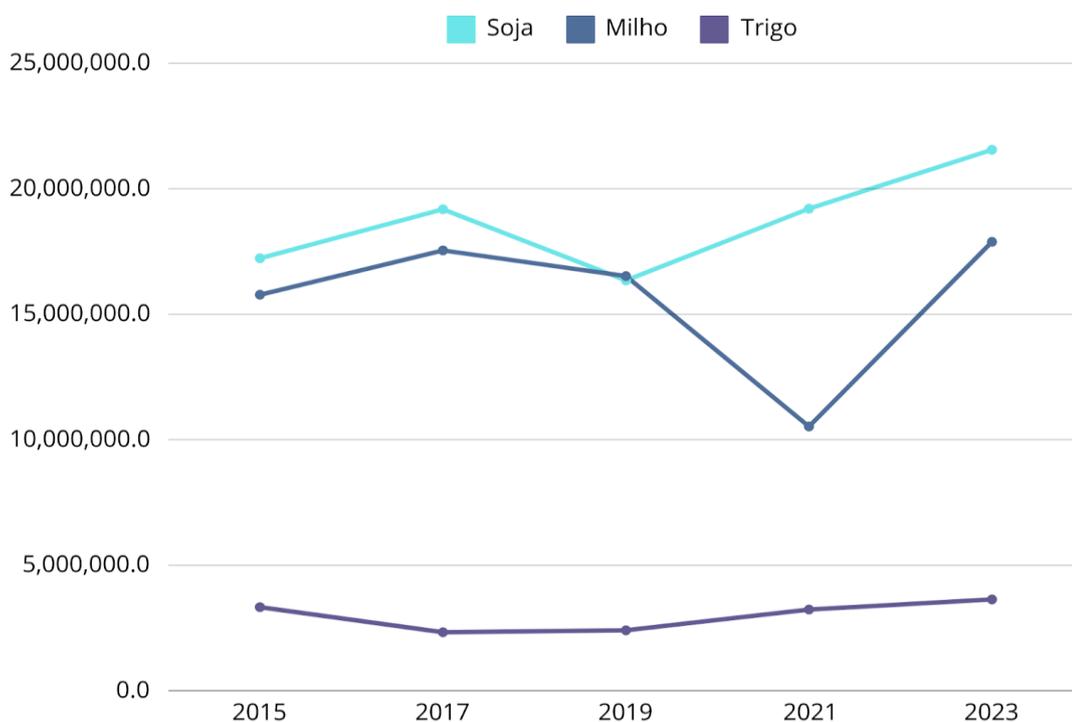


Figura 1: Comparação entre produção da soja, milho e trigo ao decorrer de oito anos

Fonte: Elaborado pelo Autor, a partir de IBGE (2024a; 2024b; 2024c)

Considerando os dados da Figura 1, é possível observar o crescimento das culturas da soja, milho e trigo, contribuindo para uma maior eficiência na produção dessas *commodities*. Quando utilizados os drones nesse tipo de plantio, equipados com câmeras multiespectrais, se torna possível realizar o monitoramento em tempo real das plantações, identificando pragas, doenças e deficiências nutricionais, possibilitando intervenções rápidas e eficazes. Além disso, otimizam a pulverização de pesticidas e fertilizantes, evitando desperdícios e reduzindo impactos ambientais, especialmente em áreas de difícil acesso. Como resultado, a utilização de drones aumenta a produtividade da soja, garantindo colheitas mais saudáveis e abundantes.

Ao realizar análises detalhadas do solo, mapeando áreas que precisam de mais irrigação ou fertilizantes, o que é crucial para o manejo eficiente dos nutrientes no cultivo de milho, eles também automatizam a contagem de plantas, aumentando a correção de lacunas e a qualidade da densidade de plantio. Além disso, com imagens térmicas, os drones identificam áreas com deficiência hídrica, garantindo a irrigação adequada e promovendo uma produção mais sustentável e resistente à variabilidade climática.

O Uso de drones na agricultura de trigo estão revolucionando ao possibilitar o monitoramento da sanidade das plantações, detectando precocemente doenças como ferrugem e fungos (como mostra alguns resultados encontrados na pesquisa), o que permite ações rápidas dos agricultores para minimizar danos. A pulverização localizada de pesticidas e herbicidas pelos drones também se torna uma prática mais eficiente, aplicando insumos apenas onde necessário e assim auxiliando na preservação do solo. Essa tecnologia em alguns casos pode contribuir na redução de custos em áreas menores de cultivo, onde o investimento tecnológico é geralmente menor, tornando o cultivo de trigo mais competitivo (FAÉ et al. 2021).

Neste contexto, faz-se necessário aprofundar a discussão sobre os resultados obtidos, destacando dados concretos que demonstram os ganhos em produtividade, economia de insumos e preservação ambiental. A seguir, serão apresentados os resultados da pesquisa, que confirmam a eficácia dos drones como uma ferramenta indispensável para a agricultura moderna, permitindo aos produtores rurais adotarem práticas mais inteligentes, competitivas e sustentáveis.

4.1 Uso do sensoriamento remoto como suporte a identificação de áreas de alto e baixo desempenho na cultura da soja: um estudo de caso na região de Jales-SP

O primeiro estudo trabalhado por Costa; Tondato (2023) traz destaque para o uso de tecnologias da Agricultura 4.0, como sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica, em uma propriedade de soja no noroeste de São Paulo, onde imagens de biomassa e mapas powerzone ajudaram a identificar zonas de desempenho, otimizar o uso de insumos e melhorar o controle de pragas e doenças, permitindo um manejo agrícola mais eficiente.

A Agricultura 4.0 como todos sabem, vem tendo destaque de revoluções no setor agrícola quando o assunto é integrar tecnologias digitais avançadas, permitindo maior precisão no manejo do dia a dia. O uso de drones, sensores e ferramentas de análise geoespacial, como o sensoriamento remoto e os sistemas de informação geográfica (SIG), contribui para o monitoramento contínuo das lavouras, gerando dados detalhados sobre o estado das plantas, a qualidade do solo e a presença de pragas e doenças. Essas tecnologias possibilitam a criação de mapas de biomassa e o zoneamento das áreas de plantio, o que favorece a gestão mais eficaz de recursos, como fertilizantes e defensivos agrícolas, aumentando a eficiência e reduzindo o impacto ambiental. No caso específico da soja, o uso de imagens de biomassa ajuda a identificar com precisão as áreas que necessitam de intervenção, melhorando a produtividade e a competitividade do agronegócio.

Além disso, a aplicação dessas tecnologias no campo proporciona uma tomada de decisão baseada em dados precisos, o que minimiza desperdícios e potencializa os resultados. Com o monitoramento em tempo real os agricultores conseguem controlar e ajustar as práticas de manejo conforme as necessidades específicas de cada área do talhão.

No estudo de caso mencionado, o uso de drones para capturar imagens detalhadas das plantas de soja permitiu a criação de um mapa de biomassa, que orientou as intervenções direcionadas, promovendo uma alocação mais eficiente de recursos e um controle mais rigoroso de pragas e doenças. Esse tipo de abordagem evidencia o potencial transformador da Agricultura 4.0, ao permitir que produtores

tomem decisões estratégicas com base em informações altamente precisas e atualizadas.

Os resultados obtidos por meio das geotecnologias aplicadas pelos autores deste estudo no talhão de soja no noroeste de São Paulo, através do uso de tecnologias como sensoriamento remoto (SR), drones, sistemas de informação geográfica (SIG) e análise de dados, os pesquisadores investigaram as capacidades que essas ferramentas têm para monitorar e avaliar o talhão de soja. Essas geotecnologias possibilitam a coleta de dados precisos sobre diversos fatores, como a saúde vegetal e o crescimento da cultura.

Na conclusão do presente projeto, conseguimos considerar que o uso de tecnologias trabalhadas na Agricultura 4.0, como sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica, tem aumentado a produtividade e competitividade no agronegócio. Imagens de biomassa e mapas powerzone foram utilizados para identificar zonas de alto e baixo desempenho na plantação, que resultou em uma otimização positiva no uso de insumos e o controle de pragas. Embora as imagens de drones e satélites apresentem resultados semelhantes, as de satélites são mais econômicas e não apresentam os mesmos resultados que os drones. O estudo também pode ser ampliado com análises de solo e comparações com mapas de produtividade gerados por colheitadeiras (potencial argumento para agricultores com aversão à novas tecnologias).

4.2 Consultoria em agricultura de precisão no estado do Paraná

O relatório de Spinelli (2021) descreve um estágio curricular realizado na empresa AM Agricultura de Precisão, em Londrina (PR), com o objetivo de aprofundar o conhecimento em tecnologias agrícolas e consolidar o aprendizado acadêmico. As atividades envolveram o uso de ferramentas da agricultura de precisão, como softwares especializados, drones e amostragens georreferenciadas. O sucesso dessa prática depende da atuação de profissionais qualificados (destacando a importância da assistência técnica para integrar tecnologia e manejo agrícola eficaz).

A agricultura de precisão oferece uma série de ferramentas inovadoras que otimizam o uso de recursos e aumentam a eficiência na produção agrícola. O uso de

drones, sensores e sistemas de informações geográficas (SIG) permite monitorar e gerenciar as lavouras de maneira precisa, coletando dados em tempo real sobre o estado das plantas, condições do solo e presença de pragas. Essa abordagem utilizada abordou uma aplicação mais assertiva de insumos, como fertilizantes e defensivos, resultando em menor desperdício, redução de custos e impacto ambiental, além de contribuir para o aumento da produtividade. Com esses avanços, também conseguimos concluir que as propriedades rurais se tornariam mais competitivas, especialmente em um cenário em que a demanda por sustentabilidade está cada vez mais presente.

O estágio na AM Agricultura de Precisão proporcionou uma experiência prática crucial para a compreensão dessas tecnologias e suas aplicações no campo. Além de consolidar os conhecimentos teóricos adquiridos na graduação, o contato direto com ferramentas de georreferenciamento e drones permitiu uma visão mais detalhada e eficiente do monitoramento das plantações. O estudo destacou com ênfase que sucesso da agricultura de precisão, no entanto, não depende apenas da tecnologia em si, mas também da capacitação dos profissionais envolvidos (o que pode demandar um custo inicial maior). A assistência técnica qualificada é essencial para garantir que os agricultores possam integrar esses recursos ao manejo agrícola tradicional de forma assertiva, maximizando os benefícios e atingindo os resultados esperados com segurança e eficácia.

Para que a AP (Agricultura de precisão) tenha sucesso, é essencial a assistência técnica e o acompanhamento de profissionais capacitados, onde, além da correta aplicação de manejos agrônômicos, a simples adoção de tecnologia não é suficiente. É necessário integralizar também conhecimentos agrônômicos e conhecimento vivenciado (experiência) para maximizar os resultados e monitorar as variabilidades do solo e das culturas ao longo do tempo.

4.3 A importância do drone na agricultura de precisão

Como o próprio nome já diz, o principal objetivo do trabalho é evidenciar a necessidade do uso de drones para o avanço agrícola. Visando evitar desperdícios na aplicação de inseticidas, fungicidas e herbicidas, buscando a melhor relação custo-

benefício e maior aproveitamento geral dos insumos agrícolas. Dada a grande dificuldade no monitoramento de pragas e doenças e a deficiência nutricional do solo, o trabalho evidencia a importância da utilização de drones e destaca a suma importância e relevância que ele possui para o desenvolvimento promíscuo nas lavouras.

Segundo Taconi (2020) os VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados) e drones tornaram-se ferramentas fundamentais na agricultura, pois evidenciaram avanços significativos nas lavouras e executando diversas funções de maneira mais ágil do que o trabalho humano. O trabalho em questão destaca a utilidade na detecção de pragas, na avaliação do estresse hídrico e na seleção de métodos de irrigação, além de monitorar estresses em diferentes culturas por meio da análise da luz refletida nas plantas, fazendo o uso de combinações matemáticas de faixas espectrais. Os Índices de Vegetação (IVs) são empregados para avaliar a saúde das plantas, permitindo a aplicação de insumos em doses variáveis, o que ajuda a reduzir custos e desperdícios.

A tecnologia de GPS também ganha grande destaque no trabalho devido sua função em conjunto (complemento) direto à agricultura de precisão, assegurando a aplicação exata de produtos químicos e foco em assertividade de locais menos favorecidos no campo. Os drones são conhecidos por sua frequente utilização em várias atividades agrícolas cotidianas, como análise das lavouras, demarcação de áreas de cultivo, monitoramento do crescimento das safras, pulverização, vigilância de pastagens, controle de desmatamento, localização de fontes de água e apoio em situações de emergência, como combate a incêndios e busca de animais desaparecidos.

Além de suas funções principais, os VANTs e drones estão cada vez mais integrados a sistemas de monitoramento que utilizam inteligência artificial e aprendizado de máquina. Essas tecnologias avançadas permitem que os agricultores analisem grandes volumes de dados de forma rápida e eficiente, identificando padrões e tendências que podem influenciar as decisões de manejo. Por exemplo, a análise preditiva pode ajudar a antecipar problemas de saúde das plantas ou identificar áreas que precisam de irrigação antes que a situação se torne crítica. Essa abordagem proativa não apenas melhora a saúde das culturas, mas também otimiza o uso de recursos, promovendo uma agricultura mais sustentável.

Outra inovação importante é a possibilidade de realizar mapeamentos em tempo real, o que permite um gerenciamento mais dinâmico das lavouras. O presente

trabalho destacou a importância do uso de drones equipados com câmeras de alta resolução e sensores específicos, auxiliando os agricultores a obter imagens detalhadas e análises mais precisas de suas propriedades. Isso facilita o monitoramento contínuo das condições das plantas, possibilitando ajustes imediatos nas práticas de manejo. Além disso, o uso de tecnologias de geolocalização permite que os produtores realizem mapeamentos detalhados das áreas cultivadas, ajudando a planejar melhor a rotação de culturas e a gestão do solo. Essa combinação de tecnologia e dados não apenas maximiza a produtividade, mas também contribui para a sustentabilidade do setor agrícola.

Os drones (cujo nome em inglês significa "zangão" devido ao seu som característico), eram pouco utilizados na agricultura no passado por causa do alto custo inicial, mas vem ganhando popularidade e maior espaço nos últimos anos por conta dos resultados consideráveis que produtores estão tendo. O trabalho conclui destacando os impactos que dispositivos altamente equipados, que voam e transmitem imagens em tempo real se apresentam cada vez mais essenciais para o monitoramento em larga escala, permitindo que pragas e doenças sejam controladas antes mesmo que danos significativos sejam causados às culturas.

4.4 Agricultura de precisão e digital: perspectivas e desafios dos produtores rurais do estado de Paraná

O estudo de Kolling; Rampim (2021) teve como objetivo avaliar as perspectivas e desafios da adoção da agricultura de precisão e digital em culturas comerciais no Paraná, Brasil. Foram entrevistados 60 produtores rurais para entender a realidade tecnológica da região, embora a grande maioria possua smartphones e acesso à internet, há uma falta de conhecimento sobre conceitos básicos de Agricultura Digital, e poucos utilizam plataformas de agricultura de precisão. A maioria acredita no potencial dessas tecnologias para melhorar a gestão das propriedades, mas ainda enfrentam desafios como a qualidade da telefonia móvel, a compatibilidade das máquinas e a necessidade de assistência técnica especializada.

O diagnóstico inicial focou na localização geográfica dos entrevistados, com 81,6% concentrados nas regiões Oeste e Centro-Sul do Paraná, áreas importantes

para o setor agrícola do estado, enquanto a região Norte teve pouca representação. A diversidade das propriedades foi evidenciada pela variação de tamanho, abrangendo desde pequenos produtores (menos de 25 ha) até grandes fazendas (mais de 500 ha). Em relação à idade, os entrevistados variaram entre 18 e 72 anos, com 60% sendo jovens de até 30 anos, o que é relevante para avaliar o futuro da agricultura digital.

No que se refere à escolaridade, mais de 50% dos produtores têm curso superior e 11% possuem alguma especialização ou pós-graduação. Entretanto, 33% têm apenas ensino fundamental ou médio, o que reflete a falta de oportunidades de educação nas últimas décadas do século XX, especialmente entre os mais idosos. A escolaridade influencia diretamente na adoção de novas tecnologias, e nota-se um aumento no interesse pela educação entre agricultores e seus filhos a partir do século XXI.

O estudo investigou as fontes de informação, tecnologia e adoção de técnicas de Agricultura de Precisão (AP) e Agricultura Digital (AD) entre produtores rurais do Paraná. Destacou-se que 78% dos entrevistados utilizam a internet para obter informações sobre o agronegócio, superando a participação em palestras e visitas a empresas do setor. Além disso, 95% dos produtores possuem smartphones, permitindo o uso de ferramentas digitais. No entanto, a qualidade da internet no campo ainda é limitada, com 82% classificando o serviço como "ruim" ou "regular".

Em relação à AP, apenas 35% dos produtores adotam alguma técnica, e apenas 30% utilizam a aplicação de insumos em taxa variável. A falta de conectividade e os altos custos são desafios para a expansão dessas tecnologias, especialmente entre pequenos produtores. Apenas 37% compreendem o conceito de Agricultura Digital, e 38% acreditam que a AD pode melhorar os manejos agrícolas.

O uso de drones e satélites para monitoramento agrícola é baixo, com 27% e 40% de adesão, respectivamente. O GPS e piloto automático são usados por 47% dos produtores, abaixo da média nacional. Plataformas digitais como Climate FieldView são utilizadas por 12% dos entrevistados.

Os principais desafios para a adoção da AD incluem altos custos, falta de conectividade e necessidade de mão de obra qualificada. Iniciativas como cooperativas e associações são essenciais para promover a adoção dessas tecnologias entre pequenos produtores, que são responsáveis por grande parte da produção agrícola no Paraná.

Conclui-se então que grande parte dos produtores rurais do Paraná já possui smartphones e acesso à internet, mas ainda há um déficit de conhecimento sobre os conceitos de Agricultura Digital, com poucos utilizando Agricultura de Precisão, fato que acaba influenciando muito nos “pré-conceitos” com novas tecnologias. Muitos acreditam que a Agricultura Digital pode melhorar a gestão das propriedades e os manejos agrícolas, embora apenas alguns utilizem plataformas digitais. Existem muitos desafios a serem superados, como a melhoria da telefonia móvel, máquinas compatíveis e assistência técnica especializada, porém, com o avanço rápido da tecnologia, estudos como este são importantes para difundir conhecimento e atualizar os nossos produtores sobre o futuro, o Agro 5.0.

4.5 Drones aplicados à agricultura de precisão

O artigo apresenta os drones como uma tecnologia que auxilia os múltiplos processos da agricultura, captando informações importantes e avaliando as condições dos terrenos monitorados. Graças às suas grandes vantagens de sobrevoar campos e cultivos, já não é necessário realizar todo o cultivo pessoalmente para detectar problemas. Com os drones, o processo de avaliação pode ser feito virtualmente, utilizando revisões de alta definição e informações georreferenciadas para localização exata. O mais importante é a capacidade de determinar de forma precoce e eficiente doenças, sentenças, legislações e possíveis efeitos futuros de danos climáticos, como graves ou secos. A eficiência, tanto ambiental quanto econômica, ajuda nos processos de plantio, custos de supervisão, adubação e eficiência.

Segundo as conclusões de González et al. (2015) os drones têm como objetivo agilizar e auxiliar em diversos processos agrícolas, como a identificação de terrenos férteis e adequados para o cultivo, o monitoramento das plantações para identificar possíveis riscos e a avaliação da colheita, determinando a produção final. Além disso, os drones desempenham atividades como aeromodelismo, trabalhos de segurança e vigilância, e são amplamente utilizados nos setores de geociências e agricultura.

Os atributos topográficos e do solo variaram grandemente em diferentes escalas, revelando padrões consistentes entre altura e densidade do dossel. Os

drones, com sua alta resolução, permitem uma análise precisa de áreas agrícolas, auxiliando na tomada de decisões para melhorar a produtividade.

O uso de imagens multiespectrais facilita a identificação de problemas invisíveis a olho nu, como estratégicos e estresse hídrico, permitindo uma intervenção oportuna, já tecnologias como teledetecção e fotogrametria são fundamentais para todas as fases do cultivo, desde a escolha das áreas devidamente adequadas, até o monitoramento constante das plantações. Como concluí também Costa; Tondato (2023) embora os drones tenham limitações, como autonomia de voo, eles são mais vantajosos que imagens de satélite por não serem afetados por nuvens, profissionais agrícolas adotam tecnologias modernas para otimizar suas operações, reduzir custos e aumentar a produtividade.

Além dessas vantagens, o uso de drones na agricultura permite a geração de mapas detalhados de áreas cultiváveis, como os índices de vegetação NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), que auxiliam no acompanhamento da saúde das plantas, esses mapas fornecem informações essenciais sobre a distribuição de biomassa, a qualidade do solo e a necessidade de supervisão, possibilitando ajustes mais eficientes e personalizados nas técnicas de manejo agrícola.

Também a integração dos drones com outras tecnologias, como sistemas de inteligência artificial e aprendizagem de máquina, tende a melhorar ainda mais o monitoramento e a análise de grandes áreas agrícolas. Esses sistemas podem processar grandes volumes de dados encontrados pelos drones, identificando padrões e anomalias que indicam a presença de interpretações, doenças ou adversidades, como estresse hídrico ou falta de nutrientes. Com essas ferramentas, a agricultura de precisão pode se tornar ainda mais eficiente, sustentável e acessível, permitindo um melhor aproveitamento dos recursos e garantindo maior produtividade no longo prazo.

4.6 Utilização de drone na agricultura como ferramenta para auxiliar na tomada de decisões

Este estudo apresenta os diversos resultados alcançados com o emprego dessa e o impacto que ela pode exercer na gestão e nas decisões diárias de técnicos e agricultores. Utilizando um drone comercial, são descritos os softwares e procedimentos usados na coleta de dados, abrangendo topografia, altimetria e o monitoramento de uma propriedade ao longo de três safras. Reconhecemos que essa tecnologia já é uma realidade em alguns setores e deve ser comprovada e adotada pelos profissionais da área que buscam estar atualizados em relação às novas tecnologias e suas potencialidades.

O estudo realizado Halberstadt (2022) com base em duas áreas distintas, uma delas em uma propriedade particular, com 73,32 hectares no município de Cachoeira do Sul que se caracteriza pela presença de pomar de nogueiras e outra a qual pode-se relacionar e comparar com dados mais próximos na agricultura paranaense, localizada no distrito de Albardão em Rio Pardo - RS, abrange 1.469.7201 hectares e foi monitorada durante três safras (2018/2019, 2019/2020 e 2020/2021) onde a propriedade é focada na produção de soja e arroz pretende ser alugada, necessitando de um levantamento topográfico que inclua uma estimativa de área drenada para aumentar a produção.

O levantamento foi realizado com drones, utilizando o Phantom 4 Pro V1 na safra 2018/2019 e o Phantom 4 Pro V2 nas demais. Os voos autônomos foram planejados no Dronedeploy e processados no Agisoft Photoscan. O ortomosaico resultante foi inserido no QGIS, onde foram mapeados manualmente diferentes temas, como soja, arroz, áreas úmidas, estradas, vegetação nativa, sede, açudes, campo nativo e eucalipto.

Para simplificar a obtenção de resultados para os produtores o autor sugere contratar serviços de assinatura de plataformas como o Dronedeploy. Nesse modelo, o produtor planeja e realiza o voo na propriedade, faz o upload das fotos pelo celular e, através do processamento em nuvem, obtém mosaicos, curvas de nível e modelos digitais de elevação. No entanto, o alto custo da mensalidade, que pode chegar a U\$ 600,00 ou R\$ 3.000,00, torna esse processo inviável para muitos.

Os drones foram usados para levantamentos topográficos e altimétricos, além de fornecer informações sobre a sanidade das plantas e níveis de estresse, fornecidos como apoio à tomada de decisões. É importante lembrar que, por ser uma tecnologia recente, seu uso deve respeitar a legislação vigente quanto ao cadastro da aeronave e do piloto.

O artigo apresenta uma análise detalhada dos resultados obtidos a partir de uma série de ferramentas e técnicas, incluindo mapas, imagens e levantamento topográfico digital. Os resultados envolvem dois levantamentos de dados realizados em áreas distintas, permitindo uma comparação abrangente entre os resultados obtidos em cada local e que por meio disso, o autor revela uma solução prática para os produtores simplificarem o processo de obtenção de resultados. Assim os dados obtidos devem ser interpretados por softwares ou por um responsável técnico, e esses dados se tornam uma das bases para as atividades agrícolas.

A tecnologia está evoluindo rapidamente, e é provável que processos totalmente independentes sejam introduzidos na próxima década, com a crescente presença de tratores independentes e a conectividade remota nas máquinas agrícolas.

4.7 Agricultura de precisão para o manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto

O estudo de Machado; Bernardi; Silva (2004) tem como fundamento detalhar a avaliação das propriedades do solo e da planta no manejo específico da fertilidade e adubação em sistema de plantio direto de grãos, onde foi realizado na Fazenda Tabatinga, em Carambeí, Paraná. Inicialmente, são discutidas as características de fertilidade do solo em sistema de plantio direto e a importância econômica de testar técnicas de agricultura de precisão para esse manejo. O artigo também descreve as características da área de estudo, como solo, clima e histórico de uso, além das notas de amostragem empregadas. São explicados os procedimentos de coleta de amostras de solo e tecido vegetal de soja e os métodos laboratoriais utilizados para as análises.

Propondo uma abordagem que utiliza técnicas de Agricultura de Precisão, integrando Geoinformática, Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e Análise

Geoestatística, essas técnicas foram aplicadas ao estudo da fertilidade do solo e nutrição das plantas na região dos Campos Gerais, Paraná, considerando as condições socioeconômicas locais. A expectativa era de representar uma evolução nos métodos de gerenciamento da terra, resultando em aumentos de produtividade, uso racional de insumos e preservação dos recursos naturais. Embora muitos associem a Agricultura de Precisão à aquisição de equipamentos de alta tecnologia, como colheitadeiras com indicadores de produtividade georreferenciados e sistemas GPS, o texto enfatiza o potencial dessa prática como ferramenta de gestão agrícola eficiente.

A metodologia vigente nas plantações da região dá preferência à exploração agrícola em extensas áreas que recebem um tratamento uniforme, tanto na fase de identificação de possíveis restrições quanto na etapa de aplicação de insumos. Isso resulta no conceito de necessidade média para o uso de fertilizantes, defensivos e água, sem levar em conta a demanda específica desses elementos em cada setor do talhão.

Muitos produtores de soja recorreram a novas tecnologias e equipamentos, mesmo sem validação para as condições locais, com a esperança de que essas inovações possam resolver problemas de desuniformidade de produtividade. A crença de Machado; Bernardi; Silva (2004) é que o uso de informações de alta tecnologia seria capaz de solucionar essas questões. No entanto, em alguns casos, apenas analisar o histórico de fertilidade da área pode ser mais relevante, embora insuficiente para lidar com os problemas complexos normalmente enfrentados em trabalhos de alta produtividade. É comum que os agricultores tratem grandes áreas como um único bloco na amostragem de solo, enviando apenas uma amostra composta para análise, o que resulta em recomendações baseadas em uma média geral para toda a área. Essa prática ainda é amplamente recomendada, embora possa não refletir sobre as variações de necessidade de insumos em diferentes partes da gleba.

Uma solução inovadora seria deixar de considerar a propriedade agrícola como uma área única e passar a dividi-la em subáreas, gerenciadas de forma individual em relação à quantidade e qualidade de insumos necessários. Essa estratégia busca criar condições ideais de produção em cada subárea, permitindo alcançar o rendimento máximo. Com isso, tem crescido o interesse dos agricultores da região dos Campos Gerais, PR, pelas técnicas de Agricultura de Precisão.

O estudo foi realizado na Fazenda Tabatinga, localizada na região dos Campos Gerais, no município de Carambeí, Paraná. A área selecionada, de 13 hectares, representava uma propriedade típica da região, com alta produtividade de milho e soja em sistema de plantio direto com direcionamento de culturas. As amostras de solo foram coletadas em três momentos distintos: janeiro de 2000, no florescimento da soja; novembro de 2000, antes da semeadura da soja; e novembro de 2001, também antes da semana.

Uma coleta em janeiro de 2000 foi realizada para testar a hipótese de que, ao coletar amostras de solo na mesma época da amostragem dos tecidos vegetais, seria possível correlacionar a deficiência nutricional das plantas com o solo do mesmo ponto georreferenciado. No entanto, a hipótese não foi confirmada. Mesmo que fosse, o procedimento não teria grande alcance pelos produtores devido ao momento escolhido, durante o florescimento da cultura.

Embora a hipótese inicial de correlacionar as deficiências nutricionais das plantas com o solo no mesmo ponto georreferenciado não tenha sido confirmada, o estudo trouxe à tona a complexidade de determinar o momento ideal para a amostragem de solo e planta. A coleta de amostras no florescimento da soja é pouco prática para os produtores, devido à dificuldade de adoção no campo. Ainda assim, os resultados obtidos na amostragem de janeiro de 2000 serviram como base para as análises de fertilidade do solo, demonstrando que a busca por melhores práticas de manejo e amostragem precisa considerar tanto a eficiência dos métodos quanto a acessibilidade pelos agricultores. Isso reforça a importância de continuar investigando abordagens mais eficazes e adaptadas às realidades locais, para melhorar o manejo da fertilidade e aumentar a produtividade agrícola.

4.8 Agricultura de precisão

O artigo destaca a importância da Ciência e Tecnologia para o desenvolvimento da agricultura no Brasil, enfatizando o papel da automação e da agricultura de precisão como essenciais para aumentar a produtividade de forma sustentável. A Embrapa, por meio do sistema Agropensa, monitora tendências e mudanças, focando na gestão específica de trabalhos e criatórios para grandes, médios e pequenos

produtores onde o objetivo é aplicar índices de forma eficiente, respeitando as particularidades de cada área e minimizando os impactos ambientais.

Segundo Inamasu; Bernardi (2014) a agricultura brasileira já avançou muito em sustentabilidade, com práticas como fixação biológica de nitrogênio, controle biológico e planejamento direto, e agora enfrenta novos desafios, como as mudanças climáticas, a descarbonização e a demanda crescente por alimentos.

Os autores ainda afirmam que a Rede Agricultura de Precisão II, com mais de 200 pesquisadores e diversas instituições, já apresenta resultados importantes e visa divulgar o conhecimento em propriedades de todos os tamanhos, onde o objetivo final é garantir alta eficiência e sustentabilidade em cada metro quadrado de área produtiva, tanto na agricultura quanto na pecuária.

A Agricultura de Precisão (AP) fascina pela tecnologia e pelo futuro que ela representa. Após quatro anos de pesquisa, a Rede Agrícola de Precisão da Embrapa buscou definir o conceito de AP, o momento ideal e o custo de sua adoção, além de seu retorno econômico.

Inamasu; Bernardi (2014) apresentam que embora o mercado já ofereça a maioria das ferramentas para a implementação da agricultura de precisão, os desafios agora são direcionados para o aprimoramento e a integração dessas tecnologias. Um dos principais obstáculos é a necessidade de adaptação dessas ferramentas para diferentes tipos de propriedades, desde grandes fazendas até pequenos e médios produtores. A personalização e acessibilidade dessas soluções são essenciais para garantir que as tecnologias sejam amplamente utilizadas em parceria com a capacitação dos agricultores e profissionais do setor, fator crucial para que possam compreender e utilizar ferramentas de forma eficaz, maximizando os benefícios econômicos e ambientais.

O insucesso da aplicação de AP compromete gravemente a imagem das indústrias de máquinas e dos prestadores de serviços. Para a pesquisa, só haverá sentido em apresentar resultados, se esta for adotada no campo. Por outro lado, o sucesso da implantação traz, além de bons resultados, um processo agrícola mais racional, responsável e rastreável, demandante de mão de obra qualificada e, conseqüentemente, de desenvolvimento sustentável. (INAMASU; BERNARDI, 2014, p. 32).

Outro desafio importante está relacionado à conectividade e à infraestrutura tecnológica no campo, pois em muitas áreas rurais, a cobertura de internet é limitada ou inexistente, dificultando o uso pleno de tecnologias que dependem de comunicação

em tempo real, como sensores e sistemas de monitoramento remoto. Para que a agricultura de isolamento alcance seu potencial máximo, será necessário investir em infraestrutura digital e na criação de redes de dados robustas, além de continuar desenvolvendo tecnologias que possam funcionar em ambientes com baixa conectividade. A integração de dados gerados pelas diversas tecnologias e a análise eficaz dessas informações também são desafios que precisam ser superados para melhorar a tomada de decisões e melhorar a produtividade de forma sustentável.

4.9 Aplicações da agricultura de precisão em sistemas de produção de grãos no Brasil

Os esforços para adotar técnicas de Agricultura de Precisão (AP) no gerenciamento de propriedades produtoras de grãos no Brasil avançaram significativamente e o foco principal ainda é no manejo da variabilidade espacial da fertilidade do solo, com amostras georreferenciadas e aplicação de corretivos e fertilizantes em taxa variável. No entanto, essa abordagem precisa de aperfeiçoamentos e adoção adequada para ser mais eficaz.

A visão ideal sugere uma adoção mais ampla das ferramentas disponíveis, integrando informações sobre todo o sistema de produção para promover a sustentabilidade a longo prazo. Isso envolve a integração de tecnologias como automação agrícola, eletrônica embarcada, sensores, sensoriamento remoto, monitoramento de colheita e rentabilidade, além do treinamento de pessoal e assistência técnica superada.

Cruvinel; Karam; Beraldo (2014) consideram que se tornou mais frequente, no setor produtivo, as menções ao uso de informações especializadas para melhorar o manejo das atividades. Na prática, os agricultores passaram a prestar mais atenção às variações de produtividade nas áreas cultivadas e buscar maneiras de melhorar seu desempenho.

Já para Resende et al. (2014) apresenta cita que as principais aplicações atuais da agricultura de precisão em sistemas de produção de grãos no Brasil, com destaque para uma análise crítica da prática de amostragem de solo georreferenciada e a aplicação de nutrientes em táxons variáveis.

Fora discutido formas de tornar essa prática mais criteriosa, abordando os avanços da pesquisa no Brasil e os desafios que precisam ser superados para ampliar os benefícios da precisão agrícola no país, incluindo a capacitação de profissionais e a valorização do trabalho no campo, além da busca por uma maior sustentabilidade econômica e ambiental na agricultura.

No Brasil, a agricultura de precisão (AP) gerou expectativas iniciais com a criação de mapas de produtividade, viabilizados pelo uso de GPS e sensores acoplados às colhedoras. Embora esses mapas forneçam informações úteis sobre o potencial produtivo das atividades, a implementação ainda é limitada, fato que ocorre devido à falta de suporte técnico das empresas fornecedoras, dificuldades no processamento dos dados e desconhecimento de sua importância por parte de consultores e produtores.

A vibração interna dos sensores pode gerar mapas imprecisos. Um levantamento criterioso das zonas de produtividade diversificadas com base em várias safras pode orientar de forma eficiente a amostragem de solo. Mapas de produtividade refletem a interação de fatores de produção (solo, planta e ambiente), sendo que culturas como o milho mostram maior eficácia na identificação dessas variações em comparação com a soja.

A utilização correta dos sensores permite a criação de mapas de colheita, contribuindo para o histórico das áreas e o manejo adequado das zonas de produção. Estimativas genéricas de produtividade não captam a variabilidade espacial e temporal, limitando o aprimoramento do manejo agrícola.

De modo geral, Resende et al. (2014) oferecem uma abordagem que permite obter um conhecimento mais detalhado e eficiente, sendo ideal para aqueles que buscam retornos a longo prazo. O acúmulo de dados espaciais e temporais dos talhões é essencial para aprimorar o gerenciamento das propriedades modernas e desencadear informações georreferenciadas de qualidade, devidamente processadas, que são fundamentais para monitorar o desempenho da propriedade e melhorar a gestão. Conforme também citam Kolling; Rampim (2021) a adoção plena da AP requer profissionais para assessoria técnica e agrônômica. Quando aplicada corretamente, a AP otimiza o uso de insumos, melhora a eficiência produtiva, reduz custos e promove maior competitividade, além de promover a sustentabilidade ambiental e melhorar a oferta e os preços ao consumidor.

4.10 Variabilidade espacial e temporal da produtividade da soja em sistema arborizado no noroeste do Paraná

O presente estudo realizado em Santo Inácio, Paraná, realizado por Franchini et al. (2014) comprova a influência do componente arbóreo em um sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) sobre a produtividade da soja, aos 30 e 42 meses após o plantio de *Corymbia maculata*. O sistema, que alternava a soja no verão e *Urochloa ruziziensis* no inverno, mostrou que a presença de árvores resultou em uma redução média de 2,8% na produtividade da soja na terceira safra e de 27% na quarta safra. A produtividade varia conforme a proximidade das linhas de soja em relação às árvores e sua orientação geográfica, sendo mais afetada nas áreas com maior incidência de sol à tarde. A baixa densidade de árvores e o formato do tronco não interferiram na produtividade da soja até a terceira safra.

Além das dúvidas sobre a produtividade da soja, o estudo ressalta a importância de compreender a dinâmica de interação entre os diferentes componentes do sistema iLPF. A relação entre as culturas e as árvores não se limita apenas à competição por luz e nutrientes, mas também envolve fatores como microclima e manejo do solo.

A presença de árvores pode fornecer sombra, o que é benéfico em condições de altas temperaturas, mas também pode limitar a fotossíntese das plantas cultivadas próximas a elas. Portanto, estratégias de manejo que consideram a distribuição das árvores e sua disposição podem ser essenciais para melhorar a produtividade das culturas, promovendo um equilíbrio que favorece tanto a produção agrícola quanto a preservação ambiental.

Os resultados obtidos no estudo indicam a necessidade de uma avaliação contínua e detalhada dos sistemas de integração. Para que os benefícios do iLPF sejam plenamente realizados, é fundamental investir em pesquisas que explorem diferentes espécies de árvores, arranjos espaciais e sistemas de cultivo associados.

A tecnologia dos produtores em técnicas de manejo sustentável e a adoção de práticas que promovam a sinergia entre os componentes do sistema são essenciais para garantir a orientação econômica e ambiental das propriedades rurais. O sucesso da iLPF pode, assim, contribuir não apenas para o aumento da produtividade agrícola,

mas também para a conservação dos recursos naturais e a melhoria da qualidade de vida no campo.

Sendo assim, o componente arbóreo do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) resultou em uma redução média de 2,8% na produtividade da soja na terceira safra e de 27% na quarta safra. As maiores perdas ocorreram nas linhas de soja próximas às árvores, especialmente onde houve incidência de sol à tarde, com perdas de aproximadamente 5,5% na terceira safra e 27% na quarta. Em contrapartida, as linhas localizadas na parte central entre os renques tiveram um aumento de 2,9% na produtividade somente na terceira safra.

A baixa densidade de árvores, juntamente com a copa compacta e o tronco reto da espécie de eucalipto utilizada, favoreceu a integração com a soja até a terceira safra. Após essa safra, as condições se tornaram menos desenvolvidas, diminuindo que o manejo deve ser adequado para melhorar a relação entre as culturas e os componentes arbóreos a longo prazo.

4.11 Agricultura de precisão no plantio, análise de produtividade da soja em uma propriedade no município de Braganey/PR

O presente trabalho apresentado por Luvisa; Madureira; Heringer (2024) busca trazer os impactos obtidos e a otimização da produção agrícola, mostrando a importância do trabalho preciso, e a importância da transmissão eficiente e sustentável. O estudo foi realizado em Braganey/PR e comparou o cultivo de soja com e sem AP na safra 2023/2024. A AP descobriu em uma distribuição mais uniforme de sementes e fertilizantes, além de reduzir os custos de produção, mostrando-se uma alternativa economicamente viável e vantajosa para o plantio de soja.

O estudo comprovou que permitindo que os agricultores gerenciem seus esforços de forma específica, a agricultura de precisão atualiza a produção, aumenta o retorno financeiro e reduz o impacto ambiental, apontou também, que diferente dos métodos tradicionais, a AP considera a variabilidade dos fatores de produção e requer tantas tecnologias amplamente difundidas quanto novas soluções.

Além de máquinas modernas, a AP envolve práticas de manejo que levam em conta as condições edafoclimáticas de toda a área de cultivo, maximizando o potencial

genético das culturas. As ferramentas podem ser usadas de forma conjunta ou isolada, e as perspectivas são positivas à medida que a variabilidade das áreas agrícolas é mapeada e especializada, especialmente no cultivo de culturas como a soja.

O estudo analisou uma área de 40 hectares em Braganey/PR, comparando as safras de soja 2022/2023 e 2023/2024. Na safra de 2022/2023, o planejamento foi realizado com equipamentos eficientes, resultando em uma distribuição desigual de sementes e adubo, comprometendo a eficiência do plantio. Foram utilizados 2.300 kg de sementes e 9.700 kg de adubo, gerando custos elevados. Na safra 2023/2024, com a adoção de tecnologias de precisão, houve uma distribuição mais uniforme de sementes e adubo, resultando em uma pequena variação na densidade de plantio.

O uso de equipamentos de precisão proporcionou uma redução nos custos de sementes (18,77%) e adubo (1,63%), apesar do aumento nos preços dos insumos. Ao final do estudo também é destacado que a introdução de tecnologias de precisão não só melhora a eficiência no campo, como também traz vantagens econômicas, compensando o investimento inicial em equipamentos modernos.

Luvisa; Madureira; Heringer (2024) relatam que a transição do cultivo convencional para o uso efetivo da agricultura de precisão apresenta benefícios em eficiência operacional e gestão econômica. O estudo sob a tecnologia utilizada no processo proporcionou um monitoramento em tempo real e decisões mais assertivas, resultando em melhor distribuição de sementes e adubo, além de reduzir custos e aumentar a produtividade. A uniformidade no uso de insumos, mesmo em terrenos irregulares, garantiu um desenvolvimento homogêneo das plantas. No município de Braganey/PR, na prática do uso da agricultura de precisão apresentou-se uma estratégia promissora e ligeiramente eficaz, apresentando melhora na rentabilidade produtiva e compensando o investimento inicial em equipamentos modernos a longo prazo, fato esse, que deve ser observado com bons olhos pelos nossos agricultores. Aproveitar o gancho e aplicar estratégias idôneas também nas demais regiões, considerando as características climáticas parecidas.

4.12 Adoção da agricultura de precisão no Brasil

O estudo de Bernardi; Inamasu (2014) teve como objetivo avaliar a adoção e uso de tecnologias de Agricultura de Precisão (AP) por produtores das principais regiões agrícolas do Brasil. Com base em um questionário aplicado a 301 proprietários e administradores foi aplicado, entre 10/setembro e 13/novembro/2012, e realizados nas localidades: Balsas, MA; Bom Jesus, PI; Maracaju, MS; Campo Verde, MT; Luís Eduardo Magalhães, BA; Cascavel, PR; Não me Toque, RS, Patos de Minas, MG e Rio Verde, GO. os resultados indicaram sobretudo, que aqueles que mais aderiram a ideia da Agricultura de Precisão são, em sua maioria, jovens, instruídos e inclinados ao uso de tecnologia e informática, cultivando grandes extensões de terra.

O estudo destaca que tempo médio de adoção das tecnologias de AP é de 4 anos, sendo a soja e o milho os principais produtos beneficiados, seguidos por trigo e feijão. As propriedades possuem equipamentos de AP, mas estes são subutilizados, com destaque para os sistemas de navegação e para a aplicação de insumos a taxas variadas.

O estudo revelou que as atividades mais utilizadas pela tecnologia de precisão, são, em suma maioria com a finalidade de correção de solo e colheita, na maior parte das vezes realizadas por terceiros (contratados para a tarefa). As principais fontes de informação dos produtores possuem sobre o assunto, são de consultores, cursos, treinamentos, feiras e exposições agropecuárias, geralmente procuradas por produtores que possuem a amostragem para essas atividades variando entre 3 a 5 hectares.

Além disso, o trabalho ressalta que a compreensão dos fatores que influenciam a adoção da AP é crucial para desenvolver estratégias que incentivem sua disseminação no agronegócio brasileiro, embora os produtores reconheçam os benefícios potenciais da AP, a subutilização dos equipamentos e a dependência de terceiros para a realização de atividades mostram a necessidade de um maior investimento em capacitação e infraestrutura.

O fortalecimento das redes de informação e a promoção de treinamentos mais acessíveis podem ajudar os agricultores a maximizarem o uso das tecnologias disponíveis. Assim, estratégias voltadas para a educação e o suporte técnico poderão

facilitar uma adoção mais ampla da Agricultura de Precisão, potencializando a produtividade e a sustentabilidade no setor agrícola.

O estudo aborda a relação entre idade, grau de instrução e a frequência/adoção de tecnologias agrícolas, especificamente a Agricultura de Precisão (AP) em comparação com sistemas convencionais. De 301 entrevistados, 53% utilizam AP e 47% o sistema convencional. A média de idade dos usuários de AP (35,5 anos) é menor que a dos que usam o sistema convencional (39,3 anos), e a maioria dos entrevistados (mais de 80%) é composta por homens. A escolaridade também influencia: 42% têm ensino superior, e a AP tende a ser mais utilizada por aqueles com pós-graduação.

A procura por tecnologias de informação, através de computadores e acesso à internet, é mais frequente entre aqueles que já aderiram o uso da AP. Esses produtores utilizam ferramentas como mapas e sensoriamento remoto, embora a colheita com monitoramento ainda seja menos comum. A adoção da AP se mostra otimista, com 94% dos adotantes acreditando que isso aumentará a produtividade.

Os dados sugerem que a AP pode trazer melhorias na qualidade do produto e reduzir o impacto ambiental. O estudo enfatiza a necessidade de pesquisas adicionais e da transferência de tecnologia em AP, evidenciando a tendência crescente de adoção dessas práticas entre produtores rurais no Brasil.

Os resultados mostraram que o perfil dos proprietários e gestores de propriedades que adotam a Agricultura de Precisão (AP) é predominantemente jovem e bem-educado, com uma inclinação para o uso de tecnologias e informática, que, além de cultivarem grandes áreas de terra, o tempo médio para a adoção das tecnologias de AP é de 4 anos.

Sendo assim, podemos concluir que a adoção da Agricultura de Precisão (AP) está se tornando cada vez mais comum entre um perfil de proprietários e gestores que são jovens e bem-informados, com uma forte inclinação para a tecnologia. Esses agricultores, que cultivam grandes áreas de terra, estão investindo em ferramentas que, embora ainda estejam subutilizadas, em processo de desenvolvimento, têm o potencial de melhorar significativamente a produtividade e a sustentabilidade de suas operações.

É importante destacar que as fontes de informação disponíveis, como consultores e eventos do setor, estão ajudando a disseminar conhecimentos que podem maximizar os benefícios da AP, destacando sua importância no cenário

agrícola atual. A percepção que temos é de que a AP pode trazer benefícios econômicos e ambientais e também reforça a necessidade e importância da continuidade na adoção e aprimoramento dessas práticas socioeconômicas no cenário atual, visando uma melhor qualidade de vida para todos.

4.13 Institucional Work dos atores sociais na agricultura de precisão na região de Guarapuava no Paraná

Este estudo adota a perspectiva do “institutional work”, que analisa como diferentes atores sociais interagem e buscam alternativas para implementar a AP, transformando práticas agrícolas convencionais em métodos sustentáveis.

A pesquisa, realizada na região de Guarapuava, Paraná, realizada por Zastavny (2020) categorizou os dados em aspectos técnicos e institucionais, identificando atores e suas ações no processo de criação, manutenção e interrupção das instituições relacionadas à AP, além de ampliar a compreensão das dinâmicas sociais na mudança institucional, o estudo trouxe contribuições práticas sobre lacunas de informações e questões técnicas na Agricultura de Precisão (AP), propondo soluções que incluem capacitação profissional e melhorias em infraestrutura. Essas iniciativas visam otimizar a interpretação de informações e facilitar a implementação contínua de práticas de AP.

O capítulo final do estudo revisa os principais aspectos da pesquisa sobre a agricultura de precisão na região de Guarapuava, Paraná, desde sua origem na década de 1990 até sua configuração atual em 2019. O foco central é entender como os atores sociais exercem o trabalho institucional nesse contexto, incluindo sua interação e os recursos utilizados na transição da agricultura convencional para a de precisão.

Os autores destacam a importância de mapear o campo organizacional, que envolve produtores, indústrias, academia e fornecedores de insumos, ressaltando a necessidade de um conhecimento multidisciplinar e a cooperação entre os diversos atores. A mudança institucional é guiada por critérios de legitimidade, eficiência e sustentabilidade, promovendo a adoção gradual de práticas que visam a redução da variabilidade espacial na produção.

O texto enfatiza que a agricultura de precisão se tornou uma prática legitimada e racionalizada, oferecendo eficiência técnica e econômica, além de ser vista como sustentável. Para suprir a falta de capacitação técnica, ocorreram eventos de difusão do conhecimento, como simpósios e workshops, que facilitaram a adoção das práticas de precisão a partir de 2004.

Além disso, são destacados marcos importantes na regulamentação da agricultura de precisão no Brasil, como a criação da Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão e o Programa INOVAGRO, que contribuíram para a legitimação das práticas no país. O capítulo conclui que a agricultura de precisão foi institucionalizada por meio de uma rede complexa de organizações que compartilham o objetivo de reduzir a variabilidade espacial do solo, caracterizando um processo contínuo de interação e adaptação entre os atores envolvidos.

Em suma, a institucionalização da agricultura de precisão não só contribuiu para a sustentabilidade da produção agrícola na região, mas também estabeleceu um modelo colaborativo que pode servir de referência para outras áreas do Brasil. O fortalecimento das redes de cooperação e a contínua busca por inovação são essenciais para garantir o avanço e a consolidação dessa prática no futuro.

4.14 A agricultura de precisão no contexto do sistema de produção: lucratividade e sustentabilidade

O presente texto abordou o impacto da precisão agrícola (AP) nas culturas de milho e soja no Brasil, com o objetivo de simular custos e avaliar os percentuais de lucro, analisando dados de 11 municípios e estimando custos baseadas em planilhas da safra 2017/2018 em comparação com a experiência dos EUA. A AP trouxe economias de 5% em insumos e 10% em máquinas, diminuindo o ponto de equilíbrio e evitando os riscos produtivos. As atividades provocadas tiveram maior aumento percentual de lucro do que as transgênicas, demonstrando o potencial positivo da AP para aumentar a lucratividade.

O estudo utiliza como referência a experiência de quase duas décadas nos Estados Unidos, mostrando que a AP reduziu significativamente os custos de produção, especialmente nos insumos e no uso eficiente de maquinários como

semeadoras, aplicadores de produtos químicos e colhedoras. O impacto da AP foi avaliado em termos de redução de custos, aumento do lucro total e diminuição do ponto de equilíbrio (ponto de equilíbrio), o que é particularmente importante em cenários de baixa produtividade agrícola, onde a AP pode servir como um mecanismo de mitigação de riscos.

Destaca-se a contribuição das novas tecnologias para a agricultura, especialmente na gestão econômica da produção agropecuária. As inovações em equipamentos agrícolas aumentaram a eficiência operacional e aprimoraram o uso de insumos em todas as áreas trabalhadas. Durante a maior parte do século XX, quatro fatores-chave influenciaram o aumento das taxas de produção agrícola: o uso mais eficiente do trabalho, a realização oportuna das operações, a utilização otimizada dos insumos e a adoção de sistemas de produção mais sustentáveis. Essas inovações facilitaram a mecanização, permitindo o gerenciamento de áreas maiores.

A agricultura de precisão (AP), reconhecida por reduzir custos e melhorar a aplicação de insumos, mostrou, em um estudo na Rússia, um aumento de 22% na eficiência econômica ao usar insumos de forma mais racional.

A adoção de tecnologias de agricultura de precisão nas fazendas de soja e milho nos Estados Unidos, entre 1996 e 2013, passou por importante processo de desenvolvimento, gerando um crescimento agrícola significativo. Durante esse período, os agricultores implementaram sistemas como GPS, sensores, mapeamento de produtividade, RTK (Real Time Kinematic) e orientações automáticas para aumentar a eficiência operacional, essas tecnologias permitiram otimizar o uso de insumos, como fertilizantes e pesticidas, reduzir desperdícios e melhorar o controle das operações agrícolas.

Mantovani et al. (2020) relata como resultado da Figura 02 abaixo apresentando melhorias na produtividade e uma gestão mais precisa das áreas cultivadas, com impactos diretos na redução de custos e aumento de lucros, consolidando assim, a agricultura de lucro como uma prática essencial em grandes produções.

De maneira semelhante aos resultados observados na cultura da soja, a adoção da agricultura de proteção de forma significativa o ponto de equilíbrio para o cultivo do milho nas regiões externas permite que, em anos com redução de produtividade, a agricultura de precisão se torne uma estratégia viável para mitigar os riscos ligados à produção. Nesse contexto, a aplicação em taxas variáveis, conforme

as zonas de manejo, surge como uma solução para diminuir os riscos decorrentes da volatilidade do mercado, além de agregar qualidade ao cultivo do trigo, especialmente no teor de proteína.

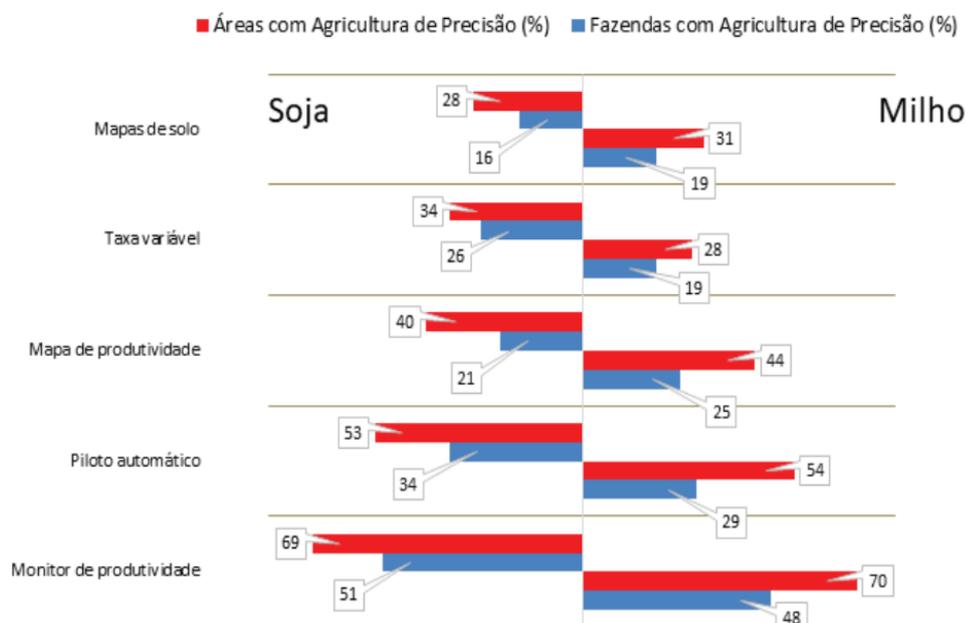


Figura 2: Adoção de tecnologias de agricultura de precisão, em fazendas de soja e milho dos Estados Unidos, de 1996 a 2013

Fonte: Mantovani et al. (2020, p. 17)

De acordo com os resultados, tanto para o milho quanto para a soja, a adoção da AP foi testada em uma diminuição no ponto de equilíbrio, mostrando-se vantajosa ao reduzir os riscos em anos com baixos rendimentos. As atividades convencionais, em comparação com as transgênicas, tiveram maior aumento percentual nos lucros com o uso da AP.

Mantovani et al. (2020) aponta que as simulações realizadas para a adoção de agricultura de precisão nas culturas da soja e do milho indicam o potencial de impacto positivo dessa prática sobre a lucratividade. Em ambas as culturas as lavouras convencionais apresentaram maior aumento percentual dos lucros do que as lavouras transgênicas.

Sendo assim, a revisão da literatura e os resultados deste trabalho indicam que a agricultura de precisão (AP) traz ganhos positivos, resultados e ganho de escala importantes, com maior adoção em áreas bem estruturadas e com mão de obra especializada. Nos países desenvolvidos, as empresas privadas utilizam tecnologias avançadas, enquanto nos países em desenvolvimento, a AP é contratada por funcionários e serviços terceirizados, enfrentando desafios como campos

heterogêneos e mecanização insuficiente, fato que enfrentamos ainda dificuldades logísticas na distribuição de insumos, assistência técnica limitada e desafios com ajustes de equipamentos complexos. Além disso, o custo elevado de sensores e serviços dificulta a adoção em países em desenvolvimento.

O resultado agrícola apresentou um impacto positivo na lucratividade e pode ser uma ferramenta eficaz para melhorar a competitividade e a sustentabilidade dos rendimentos de milho e soja no Brasil, apenas apresentou uma deficiência de forças maiores, de um apoio maior talvez do estado em questões de financiamento e incentivo a novas práticas ou talvez sob questões de políticas públicas de incentivo à essas tecnologias, que ainda se apresenta como um campo de medo por muitos, mas que tem muito a ser explorada.

4.15 Avaliação da fertilidade do solo por agricultura de precisão e convencional

O estudo compara as metodologias de amostragem de solo utilizadas na agricultura de precisão (AP) e na agricultura convencional (AC) para avaliar a fertilidade dos solos. Foram coletadas amostras de solo por ambos os métodos em dez áreas cultivadas com milho e soja, em rotação, em uma propriedade de Inhaúma, Minas Gerais. As análises do solo geraram recomendações de corretivos e fertilizantes para cada área, onde ao comparar os resultados médios de fertilidade, houve poucas diferenças entre os métodos, exceto para o fósforo (P), nos quais os solos apresentavam alta fertilidade em geral, apesar da crença de que a AP não traria benefícios em solos férteis.

Os mapas de fertilidade revelaram variações na fertilidade das glebas, indicando a necessidade de aplicação de corretivos em determinados pontos. Porém, embora a AP possa ter custos de amostragem mais elevados, seus benefícios em termos de precisão e confiabilidade na gestão da fertilidade do solo são evidentes, sugerindo que essa metodologia pode ser vantajosa mesmo em solos considerados de alta fertilidade (fator importante a ser observado na pesquisa).

Souza; Moreira; Castro (2016) apresentam através da Figura 3 e 4, um comparativo com os resultados da análise de solo realizada pelo método convencional de amostragem e os resultados obtidos através do método da Agricultura de Precisão

de amostragem, destacando diferentes parâmetros químicos para várias amostras de solo em pivôs e partes alta e baixa.

Descrição da amostra	pH		P mg.dm ⁻³	K	Ca	Mg cmol _c .dm ⁻³	Al	H+A1	MO g.dm ⁻³	V %
	H ₂ O	CaCl ₂								
Pivô 1 Parte Alta	6,0	5,2	142	0,67	3,5	1,1	0,0	3,0	31,5	63,8
Pivô 2 Parte Alta	6,2	5,3	85	0,53	2,9	0,9	0,0	2,4	26,5	64,7
Pivô 3 Parte Alta	6,2	5,5	68	0,60	3,3	0,9	0,0	2,3	26,5	67,8
Pivô 4 Parte Alta	6,4	5,7	67	0,53	3,2	1,1	0,0	2,1	24,5	69,3
Pivô 6 Parte Alta	6,3	5,6	68	0,38	4,9	1,6	0,0	2,4	39,5	74,0
Pivô 7 Parte Alta	6,4	5,8	54	0,25	4,3	1,5	0,0	2,4	34,5	71,4
Pivô 8 Parte Alta	6,3	5,5	54	0,53	3,2	0,9	0,0	2,2	21,0	67,8
Pivô 3 Parte Baixa	6,1	5,4	34	0,53	3,1	0,9	0,0	2,4	25,5	65,3
Pivô 7 Parte Baixa	6,3	5,7	67	0,51	4,9	1,5	0,0	2,4	38,0	73,6
Pivô 8 Parte Baixa	6,5	5,6	54	0,34	3,7	1,3	0,0	2,8	31,0	65,9

Figura 3: Resultados de análise de solo obtidos pelo método convencional de amostragem
Fonte: Souza; Moreira; Castro (2016 p. 05)

A Figura traz a amostragem da variabilidade da fertilidade nas diferentes áreas, sendo essencial o uso de corretivos e fertilizantes específicos para cada situação. Segue a Figura 4 com os resultados através da Agricultura de Precisão:

Descrição da amostra	pH		P mg.dm ⁻³	K	Ca	Mg cmol _c .dm ⁻³	Al	H+A1	MO g.dm ⁻³	V %
	CaCl ₂	H ₂ O								
Pivô 1 Parte Alta	6,0	5,2	75,3	0,66	4,8	1,0	0,0	7,0	29,3	62,5
Pivô 2 Parte Alta	5,0	5,3	89,0	0,56	3,0	0,8	0,0	4,3	20,3	58,7
Pivô 3 Parte Alta	5,6	5,5	29,2	0,63	3,7	0,9	0,0	5,2	17,5	66,4
Pivô 6 Parte Alta	5,7	5,6	16,8	0,47	3,0	0,8	0,0	4,3	15,0	64,0
Pivô 7 Parte Alta	5,6	5,7	30,3	0,42	4,5	1,2	0,0	6,1	20,0	70,0
Pivô 8 Parte Alta	5,7	5,8	27,9	0,30	4,5	1,2	0,0	5,9	26,8	69,9
Pivô 3 Parte Baixa	5,6	5,4	59,3	0,40	3,7	0,9	0,0	5,0	20,3	64,7
Pivô 6 Parte Baixa	5,2	5,7	12,1	0,43	2,7	0,7	0,0	3,8	12,0	59,0
Pivô 7 Parte Baixa	5,9	5,7	27,2	0,49	4,7	1,2	0,0	6,4	19,0	74,0
Pivô 8 Parte Baixa	5,6	5,6	31,8	0,32	4,3	1,1	0,0	5,8	23,7	70,2

Figura 4: Resultados médios de análise de solo obtidos pelo método da AP de amostragem
Fonte: Souza; Moreira; Castro (2016 p. 06)

Souza; Moreira; Castro (2016) concluem então que, o solo da propriedade apresenta alta fertilidade, independentemente do método de amostragem. Mesmo em solos com alta fertilidade, os mapas obtidos pela agricultura de precisão (AP) mostram que há variabilidade nas glebas, indicando a necessidade de corretivos em alguns pontos. O mapeamento da fertilidade do solo pela AP permite uma interpretação mais precisa e fundamentada, além de orientar melhor a recomendação de corretivos e fertilizantes. Isso resulta em uma gestão mais eficiente dos insumos, proporcionando uma significativa economia de recursos financeiros e potencializando a produtividade agrícola. Assim, a adoção da AP se mostra vantajosa não apenas em solos menos férteis, mas também em áreas já consideradas produtivas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados observados, tornou-se notável o destaque que o papel das tecnologias inovadoras da Agricultura 4.0 exercem atualmente, como o sensoriamento remoto e os sistemas de informação geográfica, no aumento da produtividade e da competitividade do agronegócio.

A eficácia da agricultura de precisão depende da integração de conhecimentos agrônômicos e do suporte técnico qualificado. Durante a pesquisa, foi possível observar que em seis dos quinze trabalhos analisados, citam realidades que destacam a importância do aprofundamento e conhecimento profissional antes de aplicar essas novas tecnologias para extrair uma porcentagem mais elevada de benefícios que a precisão proporciona. Os drones emergem como ferramentas essenciais para o monitoramento e prevenção de perdas, embora desafios como a infraestrutura de telefonia e a assistência técnica ainda precisam ganhar espaço no dia a dia dos agricultores.

Também se tornou evidente nos resultados apresentados que a agricultura de precisão e o uso de drones prometem revolucionar o setor agrícola, promovendo sustentabilidade, segurança alimentar e maior rentabilidade, desde que haja adaptação e estratégia por parte dos profissionais do setor. Quando aplicada corretamente, a AP não pode apenas otimizar o uso de insumos e melhora a eficiência produtiva, mas também reduzir custos, promovendo uma maior competitividade significativa. Além disso, seus benefícios vão além da esfera econômica, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e melhorando a oferta e os preços ao consumidor. A tecnologia permite um monitoramento em tempo real e a tomada de decisões mais assertivas, resultando em uma distribuição mais eficiente de sementes e adubos, e garantindo uma uniformidade no desenvolvimento das plantas, mesmo em terrenos irregulares.

Através do uso de dados extraídos por recentes pesquisas colocadas em prática, foi possível destacar diversos resultados obtidos de colheitas que fizeram o uso da tecnologia de precisão. Os quais apresentaram positivas análises em cima de práticas aplicadas à campo, destacaram-se evidências claras da eficiência presente no uso de novas tecnologias e no processo produtivo de grãos quando utilizados métodos precisos de controle de pragas, otimizando de insumos, acarretando em

diminuição de impactos ambientais, análises de solo, redução de custos e a maximização do faturamento com o uso voltado ao estado do Paraná.

Portanto a implementação bem-sucedida da AP promove um processo agrícola mais racional, responsável e rastreável, que requer mão de obra qualificada e impulsiona o desenvolvimento sustentável. Portanto, ao integrar conhecimentos agrônômicos e utilizar tecnologias adequadas, o setor agrícola pode avançar em direção a um futuro mais produtivo e sustentável, garantindo não apenas a eficiência econômica, mas também a preservação dos recursos naturais e a segurança alimentar.

6 REFERÊNCIAS

ANNOSI, Maria Carmela; BRUNETTA, Federica; MONTI, Alberto; NATI, Francesco. Is The Trend Your Friend? An Analysis of Technology 4.0 Investment Decisions in Agricultural SMEs. **Computers in Industry**, [S. l.], v. 109, p. 59–71, 2019. DOI: 10.1016/j.compind.2019.04.003. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166361518305992>. Acesso em: 22 maio. 2024.

ARAGÃO, Adalberto; CONTINI, Elísio. **O Agro no Brasil e no Mundo: uma síntese do período de 2000 a 2020**. Publicado em 1 de junho de 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/62619259/brazil-is-the-worlds-fourth-largest-grain-producer-and-top-beef-exporter-study-shows>. Acesso em: 22 jun. 2024.

ARAÚJO, Paulo Fernando Cidade. **Desenvolvimento da Agricultura**. São Paulo: Pioneira, 1977.

BEM, Anderson Nunes de. **Uso de Drones da Agricultura**. Rio Grande do Sul: UFSM, 2024. 34p. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) – Agronomia, Universidade Estadual de Santa Maria, Frederico Westphalen, 2024.

BERNARDI, Alberto C. de Campos; INAMASU, Ricardo Y. Adoção da Agricultura de Precisão No Brasil. *In*: BERNARDI, Alberto Carlos de Campos; NAIME, João de Mendonça; RESENDE, Álvaro Vilela de; BASSOI, Luís Henrique; INAMASU, Ricardo Yassushi. **Agricultura de Precisão: resultados de um novo olhar**. EMBRAPA ed. Brasília: EMBRAPA, 2014b, v. 1, p. 559-577. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1002959/1/Agricultura-de-precisao-2014.pdf>. Acesso em: 20 out. 2024b.

CAMARGO, André. **O “Novo” Assusta**. Publicado em 01 de janeiro de 2019. Disponível em: <https://www.aquaculturebrasil.com/coluna/106/o-%E2%80%9CNovo%E2%80%9D-assusta>. Acesso em: 16 mai. 2024.

COSTA, M. Thailuana; TONDATO, Cristina. Uso do Sensoriamento Remoto Como Suporte a Identificação de Áreas de Alto e Baixo Desempenho na Cultura da Soja: um estudo de caso na região de Jales-SP. *IN: V JORNADA ACADÊMICA, CIÊNCIA E TECNOLÓGICA (FATEC)*, 2023, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: FATEC, 2023, p. 1-11. Disponível em: http://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/16537/1/agronegocio_2023_1_thailuana_marques_costa_uso_do_sensoriamento_remoto_como_suporte_a_identificacao.pdf. Acesso em: 16 mai. 2024.

CRUVINEL; Paulo E.; KARAM, Décio Karam; BERALDO, José Marcos Garrido. Agricultura, Precisão e Manejo de Plantas Invasoras na Cultura do Milho. *In*: BERNARDI, Alberto Carlos de Campos; NAIME, João de Mendonça; RESENDE, Álvaro Vilela de; BASSOI, Luís Henrique; INAMASU, Ricardo Yassushi. **Agricultura de Precisão: resultados de um novo olhar**. EMBRAPA ed. Brasília: EMBRAPA,

2014b, v. 1, p. 135–156. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1002959/1/Agricultura-de-precisao-2014.pdf>. Acesso em: 20 out. 2024b.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília: Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/9543845/Vis%C3%A3o+2030+-+o+futuro+da+agricultura+brasileira/2a9a0f27-0ead-991a-8cbf-af8e89d62829>. Acesso em: 11 jul. 2024.

FAÉ, Giovani S.; KLEIN, Marcelo; SBALCHEIRO, Cheila C.; CORASSA, Geomar; GUTERRES, Caroline W. **Redução de Custos de Produção no Trigo com Genética de Qualidade e Manejo Eficiente**. 2021. Cruz Alta, Rio Grande do Sul, 2021. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1143410/1/Reducao-de-custos.pdf>. Acesso em: 24 out. 2024.

FAVA, Marcos Neves; ZYLBERSZTAJN, Decio; NEVES, Evaristo Marzabal. **Agronegócio do Brasil**. São Paulo: Saraiva, 2005.

FRANCHINI, Julio Cezar; SICHIERI, Fernando; PADULLA, Ricardo; SILVA, Vanderlei P.; JUNIOR, Alvardi Balbinot; DEBIASI, Henrique. Variabilidade Espacial e Temporal da Produtividade da Soja em Sistema Arborizado no Noroeste do Paraná. *In*: BERNARDI, Alberto Carlos de Campos; NAIME, João de Mendonça; RESENDE, Álvaro Vilela de; BASSOI, Luís Henrique; INAMASU, Ricardo Yassushi. **Agricultura de Precisão: resultados de um novo olhar**. EMBRAPA ed. Brasília: EMBRAPA, 2014. v. 1p. 246–251. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1002959/1/Agricultura-de-precisao-2014.pdf>. Acesso em: 20 out. 2024.

FURTADO, Kenedy Daniel Calegari; CARVALHO, Victor Esmite Barroso; BARBOSA, Gabriel Marcos Rodrigues; FERREIRA, Hyorran Cristian Paes; BEZERRA, Mauro Guilherme Ferreira. O Papel dos Drones na Agricultura 4.0 e 5.0: auxílio tecnológico para uma agricultura eficiente, produtiva e sustentável. *In*: SEVEN PUBLICAÇÕES (org.) **Tecnologia e Inovação em Ciências Agrárias e Biológicas Avanços para a Sociedade Atual 13**, 2023 p. 1-6. São José dos Pinhais: Seven Editora, 2023. DOI: 10.56238/tecnolocienagrariabiosoci-013. Disponível em: <https://sevenpublicacoes.com.br/editora/article/view/1776/2162>. Acesso em: 24 jun. 2024.

GARCIA, Arza Marcos; BURGESS, Alexandra Jacquelyn. Drones in the Sky: towards a more sustainable agriculture. **Agriculture**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 84, 2022. DOI: 10.3390/agriculture13010084. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/13/1/84#B12-agriculture-13-00084>. Acesso em: 22 jun. 2024.

GIL, Carlos Antonio. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas. 2008.

GODOY, Arilda Schmidt. Pesquisa Qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**, [S. l.], v. 35, n. 3, p. 20–29, 1995. DOI: 10.1590/S0034-

75901995000300004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rae/a/ZX4cTGrqYfVhr7LvVyDBgdb/?lang=pt>. Acesso em: 19 jul. 2024.

GONÇALVES, Wellinton Barros. **A Utilização de Drones na Agricultura de Precisão**. Rondonópolis: ANHANGUERA, 2022. 35 p. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) – Agronomia, Anhanguera, Rondonópolis, 2022.

GONZÁLEZ, Adrian; AMARILLO, Gelberth; AMARILLO, Milton; SARMIENTO, Francisco. Drones Aplicados a la Agricultura de Precisión. **Publicaciones e Investigación**, Bogotá, v. 10, p. 23-37, 2016. DOI: 10.22490/25394088.1585. Disponível em: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/1585> . Acesso em: 18 out. 2024.

HALBERSTADT, Filipe. **Utilização de Drone na Agricultura como Ferramenta para Auxiliar na Tomada de Decisões**. Rio Grande do Sul: UERGS, 2022. 37p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) – Faculdade de Agronomia, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Cachoeira do Sul, 2022.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Comparação entre produção do soja, milho e trigo ao decorrer de oito anos**. Brasil: 2024a. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/pesquisa/14/10193?tipo=grafico&indicador=10354>. Acesso em: 31 out. 2024.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Comparação entre produção do soja, milho e trigo ao decorrer de oito anos**. Brasil: 2024b. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/pesquisa/14/10193?tipo=grafico&indicador=10368>. Acesso em: 31 out. 2024.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Comparação entre produção do soja, milho e trigo ao decorrer de oito anos**. Brasil: 2024c. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/pesquisa/14/10193?tipo=grafico&indicador=10388>. Acesso em: 31 out. 2024.

INAMASU, Ricardo Y.; BERNARDI, Alberto Carlos de Campos. Agricultura de Precisão. In: BERNARDI, Alberto Carlos de Campos; NAIME, João de Mendonça; RESENDE, Álvaro Vilela De; BASSOI, Luís Henrique; INAMASU, Ricardo Yassushi. **Agricultura de Precisão: resultados de um novo olhar**. EMBRAPA ed. Brasília: EMBRAPA, 2014, v. 1, p. 19-33. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1002959/1/Agricultura-de-precisao-2014.pdf>. Acesso em: 20 out. 2024a.

KOLLING, Caio Ericles; RAMPIM, Leandro. Precision and Digital Agriculture: perspectives and challenges for farmers in the state of Parana. **Uningá Review**, [S. l.], v. 36, n. 1, p. eURJ3981, 2021. DOI: 10.46311/2178-2571.36.eURJ3981. Disponível em: <https://revista.uninga.br/uningareviews/article/view/3981>. Acesso em: 20 out. 2024.

LUVISA, Fernando Sobral; MADUREIRA, Eduardo Miguel Prata; HERINGER, Eudiman. Agricultura de Precisão no Plantio, Análise de Produtividade do Soja em

uma Propriedade no Município de Braganey/PR. IN: 11° SIMPÓSIO DE SUSTENTABILIDADE, 2024, Braganey. **Anais** [...]. Braganey, Centro Universitário FAG, 2024. p. 1-14. Disponível em: <https://www.fag.edu.br/novo/arquivos/anais/2024/Administra%C3%A7%C3%A3o%20-%20Fernanda%20Sobral%20Luvisa.pdf>. Acesso em: 26 out. 2024

MACHADO, Pedro Luiz O. de A.; BERNARDI, Alberto C. de Campos; SILVA, Carlos Alberto. **Agricultura de Precisão para o Manejo da Fertilidade do Solo em Sistema Plantio Direto**. 1. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004.

MANTOVANI, Evandro Chartuni; MIRANDA, Rubens Augusto de; LANDAU, Elena Charlotte; PASSOS, Alexandre Martins Abdão dos. **Agricultura de Precisão no Contexto do Sistema de Produção: lucratividade e sustentabilidade**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1124732>. Acesso em 30 out. 2024.

MAPA (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento). **Relatório de Gestão do Exercício de 2012**. Brasília, 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/aceso-a-informacao/transparencia/2012/secretaria-executiva-se.pdf>. Acesso em: 22 maio. 2024.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2007.

MIRANDA, Eduardo Evaristo. **Territórios da Agropecuária Brasileira: 40 anos de pesquisa e inovação**. 1. ed. São Paulo: EMBRAPA, 2021. . Acesso em: 24 jun. 2024. p. 1-204. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1132103> . Acesso em: 24 jun. 2024.

MOLIN, José Paulo; AMARAL, Lucas Rios do; COLAÇO, André Freitas. **Agricultura de Precisão**. 1ª. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

MONDAL, Pinaki; BASU, Manisha. Adoption of Precision Agriculture Technologies in India and in Some Developing Countries: scope, present status and strategies. **Progress in Natural Science**, [S. l.], v. 19, n. 6, p. 659–666, 2009. DOI: 10.1016/j.pnsc.2008.07.020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1002007109000173?via%3Dihub>. Acesso em: 24 jun. 2024.

MULLA, David J. Twenty Five Years of Remote Sensing in Precision Agriculture: key advances and remaining knowledge gaps. **Biosystems Engineering**, [S. l.], v. 114, n. 4, p. 358–371, 2013. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2012.08.009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1537511012001419>. Acesso em: 19 jul. 2024.

NAVARRO, Zander. Desenvolvimento Rural no Brasil: os limites do passado e os caminhos do futuro. **Estudos Avançados**, [S. l.], v. 15, n. 43, p. 83–100, 2001. DOI: 10.1590/S0103-40142001000300009. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ea/a/mqyB65BvYQ99XyWcY65zCvm/>. Acesso em: 24 jun. 2024.

PINTO, Heverton E.; FERREIRA, Marcelo D. P.; TEIXEIRA, Sônia M. Adoção de Tecnologias em Agricultura de Precisão por Produtores de Soja em Goiás e Distrito Federal. **Revista Espacios**, [S. l.], v. 38, n. 31, p. 1–15, 2017. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n31/a17v38n31p33.pdf>. Acesso em: 22 maio. 2024.

POPPE, Krijn; DAHEIM, Cornelia. **A Agricultura de Precisão e o Futuro da Exploração Agrícola na Europa**. 2016. Disponível em: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/581892/EPRS_STU\(2016\)581892_PT.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/581892/EPRS_STU(2016)581892_PT.pdf). Acesso em: 24 jun. 2024.

RESENDE, Álvaro Vilela De; HURTADO, Sandro Manuel Carmelino; VILELA, Marina de Fátima; CORAZZA, Edemar Joaquim; SHIRATSUCHI, Luciano Shozo. Aplicações da Agricultura de Precisão em Sistemas de Produção de Grãos no Brasi. In: BERNARDI, Alberto Carlos de Campos; NAIME, João de Mendonça; RESENDE, Álvaro Vilela de; BASSOI, Luís Henrique; INAMASU, Ricardo Yassushi. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. EMBRAPA ed. Brasília: EMBRAPA, 2014. v. 1p. 194–208. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1002959/1/Agricultura-de-precisao-2014.pdf>. Acesso em: 20 out. 2024.

SCHNEIDER, Sergio. Situando o Desenvolvimento Rural no Brasil: o contexto e as questões em debate. **Brazilian Journal of Political Economy**, [S. l.], v. 30, n. 3, p. 511–531, 2010. DOI: 10.1590/S0101-31572010000300009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rep/a/MWKqhnDFRzCww9DKsFWZZhv/>. Acesso em: 10 jul. 2024.

SHAHEB, Md Rayan; VENKATESH, Ramarao; SHEARER, Scott A. A Review on the Effect of Soil Compaction and its Management for Sustainable Crop Production. **Journal os Biosystems Engineering**, [S. l.], v. 46, n. 4, p. 417–439, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42853-021-00117-7#citeas>. Acesso em: 22 jun. 2024.

SILVA, Gustavo Bianch; BOTELHO, Maria Izabel Vieira. O Processo Histórico da Modernização da Agricultura no Brasil (1960-1979). **Revista Campo-Território**, [S. l.], v. 9, n. 17 Abr., p. 362–387, 2014. DOI: 10.14393/RCT91723084. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/campoterritorio/article/view/23084>. Acesso em: 24 jun. 2024.

SISHODIA, Rajendra P.; RAY, Ram L.; SINGH, Sudhir K. Applications of Remote Sensing in Precision Agriculture: a review. **Remote Sensing**, [S. l.], v. 12, n. 19, p. 1-31, 2020. DOI: 10.3390/rs12193136. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/19/3136>. Acesso em: 22 jun. 2024.

SOUZA, Saulo Saturnino; MOREIRA, Silvino Guimarães; CASTRO, Gustavo Franco de. Avaliação da Fertilidade do Solo por Agricultura de Precisão e Convencional. **Revista Agrogeoambiental**. Pouso Alegre, v. 8, n. 1, p. 33-46, 2016. DOI:

0.18406/2316-1817v8n12016756. Disponível em:
https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/756/pdf_33. Acesso em: 27 out. 2024.

SPINELLI, Giovanna Gelak. **Consultoria em Agricultura de Precisão no Estado do Paraná**. Porto Alegre: UFRGS, 2021. 49 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia), Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

TACONI, Guilherme Brustolin. **A Importância do Drone na Agricultura de Precisão**. Arapongas: UNOPAR, 2020. 29 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia), Faculdade de Educação, Universidade Norte do Paraná. Arapongas, 2020.

TRINTIN, Graciano Jaime. **História e Desenvolvimento da Economia Paranaense: da década de trinta a meados dos anos noventa do século XX**. 2009. Disponível em: <https://cdn.fee.tche.br/jornadas/2/E6-04.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2024.

YIGEZU, Yigezu Atnafe; MUGERA, Amin; EL-SHATER, Tamer; AW-HASSAN, Aden; PIGGIN, Colin; HADDAD, Atef; KHALIL, Yaseen; LOSS, Stephen. Enhancing Adoption of Agricultural Technologies Requiring High Initial Investment Among Smallholders. **Technological Forecasting and Social Change**, [S. l.], v. 134, p. 199–206, 2018. DOI: 10.1016/j.techfore.2018.06.006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162517315391>. Acesso em: 19 jul. 2024.

ZASTAVNY, Roberto Vasil. **Institutional Work dos Atores Sociais na Agricultura de Precisão na Região de Guarapuava no Paraná**. Guarapuava: UNICENTRO, 2020. p. 202. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2020.