

A utilização da agricultura de precisão e seus equipamentos no manejo da cana-de-açúcar em João Pinheiro – MG.

The use of precision agriculture and it's equipment in sugarcane management in João Pinheiro – MG.

Mateus César Batista¹
Pedro Marques Dornelas²
João Paulo Costa³
Vanessa Caroline de Oliveira⁴

463

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo analisar como a Agricultura de Precisão e seus equipamentos vêm sendo utilizados no manejo da cana-de-açúcar no município de João Pinheiro, Minas Gerais. A pesquisa foi conduzida com abordagem qualitativa, por meio de observações em campo e registros fotográficos realizados nas principais usinas da região, como Bevap Bioenergia, Destilaria Rio Cachimbo, Destilaria Veredas e WD Agroindustrial. A Agricultura de Precisão representa uma nova forma de produzir, baseada no uso de tecnologias que permitem compreender melhor as variações do solo e das plantas, tornando o manejo mais eficiente e sustentável. O estudo mostrou que, embora o investimento inicial seja alto e ainda falte capacitação técnica para o uso das ferramentas, os resultados são positivos: há aumento da produtividade, redução no desperdício de insumos e menor impacto ambiental. A adoção dessas tecnologias tem transformado o setor sucroalcooleiro local, trazendo modernização, competitividade e sustentabilidade para os produtores e para o município de João Pinheiro.

Palavras-chave: Agricultura de Precisão. Cana-de-açúcar. Sustentabilidade. Tecnologia agrícola. João Pinheiro.

1 Bacharel em Engenharia Agronômica no Centro Universitário Juscelino Kubitschek (UNIJK). mateuscesar37@gmail.com

2 Bacharel em Engenharia Agronômica no Centro Universitário Juscelino Kubitschek (UNIJK). pedro-dornelass@hotmail.com

3 Professor do curso de Engenharia Agronômica do Centro Universitário Juscelino Kubitschek (UNIJK). joao.costa@unijk.edu.br

4 Doutoranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos UFV-Viçosa. Graduada em Ciências de Alimentos na Universidade Federal de Viçosa, UFV-Viçosa. E-mail: vanessa.c.oliveira@ufv.br

Recebido em: 12 /11/2025

Aprovado em: 18/12/2025

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*



Abstract: This study aimed to analyze how precision agriculture and its equipment have been used in sugarcane management in the municipality of João Pinheiro, Minas Gerais, Brazil. The research followed a qualitative approach, through field observations and photographic records carried out in the main sugarcane mills of the region, such as Bevap Bioenergia, Destilaria Rio Cachimbo, Destilaria Veredas, and WD Agroindustrial. Precision agriculture represents a new way of producing, based on technologies that help farmers understand variations in soil and crop conditions, making management more efficient and sustainable. The results showed that, although the initial investment is high and there is still a need for technical training to operate the tools, the outcomes are positive: productivity increases, waste is reduced, and environmental impacts are minimized. The adoption of these technologies has transformed the local sugar and ethanol producer sector, bringing modernization, competitiveness, and sustainability to producers and to the agricultural development of João Pinheiro.

Keywords: Precision Agriculture. Sugarcane. Sustainability. Agricultural technology. João Pinheiro.

1 Introdução

João Pinheiro, município situado na região Noroeste de Minas Gerais (MG), destaca-se por sua ampla extensão territorial de 10.727,10 Km², sendo o maior município em área do estado. Sua população estimada para o ano 2025 é de aproximadamente 48.725 habitantes (IBGE, 2022).

Criado pela Lei nº 556, de 30 de agosto de 1911, o município possui uma economia fortemente voltada para a agropecuária, com destaque para o cultivo de eucalipto, soja e cana-de-açúcar. Localizado em posição estratégica entre as capitais Brasília e Belo Horizonte, o município é cortado pela rodovia BR-040, o que favorece o escoamento da produção e impulsiona o desenvolvimento econômico regional (Silva; Gonçalves, Silva; 2011).

Sob o ponto de vista geográfico, o município está inserido na Depressão Sanfranciscana, pertencente à bacia hidrográfica do rio São Francisco, tendo como principal afluente o rio Paracatu, que delimita parte significativa de suas divisas. O relevo é variado, alternando entre áreas planas e montanhosas, e sua vegetação predominante é o cerrado, com presença marcante de veredas e nascentes d'água (Santos, 2025).

O índice pluviométrico anual de João Pinheiro é de aproximadamente, 1.300mm com variações significativas. O mês de dezembro destaca-se como o mais chuvoso, com precipitação média de 253 mm, enquanto julho representa o período mais seco, registrando cerca de 2 mm de chuva (ClimateTempo, 2025).

João Pinheiro conta ainda com a presença de quatro grandes usinas de destilaria, sendo elas Bevap Bioenergia, Destilaria Rio Cachimbo, Destilaria Veredas e WD Agroindustrial.

Essas empresas exercem um papel fundamental na economia local, gerando empregos diretos e indiretos, além de contribuírem para o fortalecimento da cadeia produtiva da cana-de-açúcar e do desenvolvimento regional.

Este estudo teve como objeto a utilização da Agricultura de Precisão e seus equipamentos no manejo da cana-de-açúcar, observando especificamente a temática no município de João Pinheiro em 2025.

A Agricultura de Precisão é um sistema de condução agrícola baseado na variação das propriedades do solo e das plantas encontradas nas lavouras e tem como foco principal a otimização de lucro, sustentabilidade e proteção ambiental. Trata-se de um conjunto de práticas de gestão que permitem o monitoramento detalhado das áreas de produção, possibilitando tomadas de decisões mais assertivas e eficientes (Medeiros, 2019).

465

Existem registros de práticas relacionadas à Agricultura de Precisão desde o início do século XX, ainda que com o uso limitado das ferramentas e recursos disponíveis na época. Entretanto, sua consolidação como sistema agrícola moderno ocorreu em meados da década de 1980, quando foram elaborados, na Europa, os primeiros mapas de produtividade e realizados, nos Estados Unidos, os primeiros experimentos de adubação com doses variáveis (Medeiros, 2019).

Nesse contexto, a Agricultura de Precisão vem revolucionando o manejo da cana-de-açúcar, ao permitir o uso de técnicas avançadas que aumentam a produtividade, reduzem os custos operacionais e minimizam os impactos ambientais. A aplicação dessas práticas em usinas e propriedades agrícolas envolve o uso integrado de sensores, softwares, sistemas de medição, levantamentos topográficos, drones e maquinários automatizados, que promovem tomadas de decisões mais assertivas no campo.

O uso de tecnologias de sensoriamento remoto e drones possibilita o monitoramento em tempo real das áreas de cultivo, identificando partes com deficiência hídrica, ataque de pragas ou até mesmo doenças. Equipamentos e levantamentos topográficos contribuem para a elaboração de mapas de produtividade e na aplicação localizada de insumos, reduzindo impactos e desperdícios. Máquinas automatizadas e equipadas com recursos de precisão, como pulverizadores autopropelidos, colhedoras, tratores e implementos, aumentam a eficiência do plantio e colheita, garantindo maior uniformidade e desempenho no campo.

Dentre os principais benefícios proporcionados pelo uso de tecnologias na Cana-de-Açúcar (*Saccharum sp.*), destacam-se o aumento da produtividade resultante do manejo adequado do solo e das plantas, redução de custos operacionais, pois os insumos são aplicados

de forma precisa, sustentabilidade evitando desperdícios e minimizando impactos ambientais e maior eficiência na colheita e transporte reduzindo perdas e aprimorando a logística de produção (Medeiros, 2019).

A adoção tecnológica no setor sucroalcooleiro (atividades e indústrias relacionadas à cadeia produtiva da cana-de-açúcar), especialmente em regiões produtoras como João Pinheiro, tem impulsionado a competitividade e a sustentabilidade da cultura, garantindo maior eficiência na produção de açúcar, etanol e bioenergia.

O interesse por este tema decorre da observação do crescente uso de tecnologias aplicadas à agricultura no município de João Pinheiro, evidenciando as principais atividades desenvolvidas, seus benefícios e o consequente aumento da produtividade. Compreender esse processo é essencial para nossa formação e atuação profissional, uma vez que trabalhamos na área de consultoria agroambiental, realizando atividades de regularização de imóveis rurais, preservação ambiental, topografia e georreferenciamento, atendendo produtores do município e de diferentes regiões do país. Dessa forma, acompanhamos de perto o desenvolvimento regional e as transformações que o setor agrícola vem experimentando.

De modo geral, percebe-se que a prática agrícola exerce influência diretamente na segurança alimentar, na sustentabilidade dos recursos naturais, na preservação e qualidade de vida. A utilização da Agricultura de Precisão é bastante ampla, englobando desde a melhoria da produção de alimentos até o incentivo com a sustentabilidade ambiental, que poderá contribuir para a população Pinheirense, ao oferecer informações sobre a adoção de técnicas sustentáveis no campo.

Do ponto de vista acadêmico, esta pesquisa representa uma contribuição relevante para os estudantes do curso de Engenharia Agronômica, pois complementará os conteúdos abordados em diversas disciplinas. Além disso, facilitará o entendimento e promoverá reflexões sobre a aplicação da Agricultura de Precisão no contexto do município.

O objetivo geral deste estudo foi analisar de que forma o uso de técnicas da Agricultura de Precisão influencia na produção da cana-de-açúcar em João Pinheiro. Os objetivos específicos foram: Justificar por que as adoções de novas tecnologias contribuem para a redução do impacto ambiental no manejo de cana-de-açúcar; avaliar se há dificuldades em interpretar os dados gerados pelas ferramentas tecnológicas e se é necessário ter algum conhecimento técnico; comparar se o alto investimento em tecnologias de Agricultura de Precisão gera retorno econômico em curto, médio ou longo prazo.

O estudo partiu da hipótese de que a adoção de técnicas da Agricultura de Precisão, na produção de cana-de-açúcar em João Pinheiro busca reduzir o impacto ambiental, pois permite um uso mais eficiente de insumos, fertilizantes e defensivos agrícolas. Práticas que evitam o uso excessivo de defensivos, desperdícios, minimizam a contaminação do solo e recursos hídricos, são essenciais para a boa conduta de uma empresa agrícola nos dias atuais. Assim, a tecnologia não só melhora a produtividade, como também torna o cultivo mais sustentável, garantindo que o solo continue fértil e produtivo por mais tempo.

Atualmente, muitas pessoas no município de João Pinheiro ainda não possuem o conhecimento técnico e básico necessário para operar as ferramentas de alta tecnologia e interpretar os dados que elas geram. Essa limitação pode comprometer o uso adequado dessas tecnologias, que envolvem diversas fontes de informação, tais como mapas, sensores, diagnósticos e uma série de dados que precisam ser corretamente analisados para subsidiar a tomada de decisões no campo.

Nos dias atuais, a Agricultura de Precisão tem se consolidado como uma das principais ferramentas, com a incorporação de novas tecnologias no campo, visando o uso mais eficiente dos recursos e o aumento da produtividade agrícola. Embora a instalação inicial da Agricultura de Precisão tenha um alto investimento financeiro, seu retorno se concretiza em médio prazo, à medida que as tecnologias são utilizadas para aperfeiçoar o cultivo.

2 Aspectos Metodológicos

Para a realização deste trabalho, adotou-se uma pesquisa qualitativa (ou método qualitativo), que se consiste em um conjunto de práticas para transformar o mundo visível em dados representativos, utilizando recursos como notas, entrevistas, fotografias, registros e lembretes (Machado, 2023).

Foi realizada uma pesquisa de campo, metodologia de investigação focada na observação, coleta de dados, análise e interpretação dos resultados (Alves, 2017).

A coleta de dados foi realizada de forma aprofundada, com armazenamento cuidadoso das informações, sempre com a supervisão de um pesquisador responsável/orientador.

O espaço geográfico de realização da investigação no campo foi o município de João Pinheiro, Minas Gerais. As empresas que atuam no setor sucroalcooleiro também conhecido como “setor sucroenergético”, ramo da agroindústria responsável pela produção em larga escala de açúcar, etanol, energia, aguardente e outros derivados da cana, estão presentes na região desde 1980, gerando empregos e renda ao município.

O foco da investigação foi à utilização tecnológica no manejo da cana-de açúcar. Para isso, utilizamos a técnica da observação direta, com registro em caderneta de campo e registro fotográfico das atividades que estavam sendo executadas pelas equipes das empresas no dia da visita in loco.

2.1 A cultura

468

A cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*), é uma cultura de grande importância para o agronegócio. Produzida em diversos países, tem o Brasil como principal produtor e exportador da cultura e de seus subprodutos (Antunes et al., 2017).

A relevância da cana-de-açúcar para o agronegócio brasileiro é comprovada pela expressiva dimensão de sua área plantada, que alcançou cerca de 8,5 milhões de hectares na safra 2023/2024. Com produtividade média estimada em 78,8 toneladas por hectare, o país obteve uma produção total aproximada de 656 milhões de toneladas (CONAB, 2023).

O estado de Minas Gerais ocupa o terceiro lugar na moagem da cana-de açúcar e na produção do etanol, e o segundo lugar na produção de açúcar, responsável por 15,5% do Produto Interno Bruto (PIB) agrícola do estado. (AGÊNCIA MINAS, 2016).

Área plantada com cana-de-açúcar por município em Minas Gerais (2016).

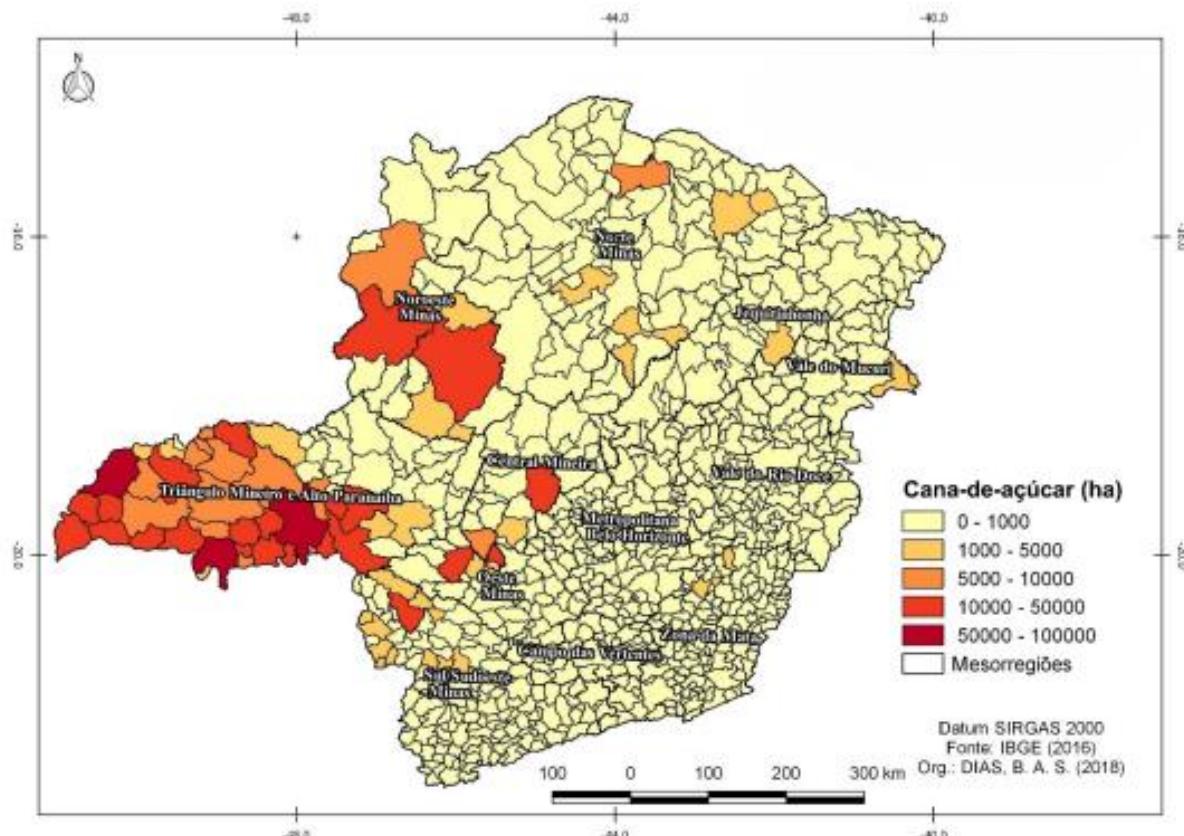


Figura 1: Fonte: IBGE (2016).

No mapa acima, observa-se os municípios produtores de cana-de-açúcar no estado de Minas Gerais, com ênfase em João Pinheiro, que está entre os maiores produtores, com áreas que vão de 10 a 50 mil hectares.

2.2 Agricultura de Precisão

De acordo com Grego et al. (2014), a Agricultura de Precisão consiste em um conjunto de princípios tecnológicos que, ao serem aplicados ao manejo da variação espacial e temporal, estão ligados à produção agrícola e têm como objetivo aumentar a produtividade das culturas e a qualidade ambiental.

Em termos práticos, envolve a obtenção e processamento de informações detalhadas e georreferenciadas sobre as áreas de cultivo agrícola, visando definir estratégias de manejo mais eficientes, em especial, o uso racional de insumos e agrotóxicos.

As primeiras iniciativas de adoção e pesquisa tecnológicas no Brasil tiveram início na segunda metade da década de 1990. Com a disseminação dos equipamentos de GPS (sigla em

inglês do Sistema de Posicionamento Global) e o avanço no desenvolvimento de diversos equipamentos, ferramentas e programas tecnológicos voltados à coleta e processamento de dados, o uso dessas tecnologias no setor agrícola tornou-se cada vez mais frequente.

Para Monico (2000), o GPS é um sistema de rádio navegação desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos - DOD (Department of Defense), com o intuito de ser o principal sistema de navegação das forças armadas americanas. Ele resultou da fusão de dois programas financiados pelo governo norte-americano para desenvolver um sistema de navegação de abrangência global: Timation e System 621B. Por motivo de exatidão proporcionada pelo sistema e do grande desenvolvimento da tecnologia envolvida nos receptores GPS, uma grande comunidade usuária emergiu dos mais variados segmentos da comunidade civil (navegação, posicionamento geodésico, agricultura, controle de frotas).

A concepção do sistema GPS permite que um usuário, em qualquer local da superfície terrestre, ou próximo a ela, tenha à sua disposição, no mínimo, quatro satélites para serem rastreados. Esse número de satélites permite que se realize um posicionamento em tempo real (Monico, 2000).

Satélites distribuídos formando uma geometria de posicionamento com o trator.

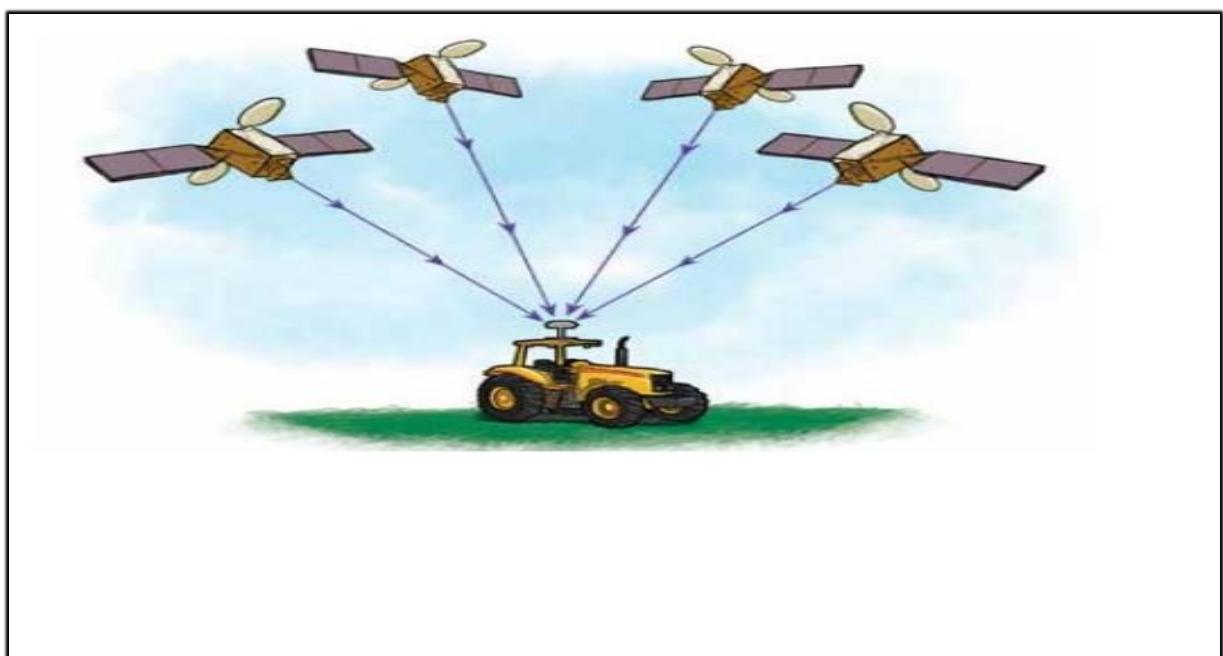


Figura 2: Fonte: SENAR (2019).

Nesta imagem observa-se o funcionamento de satélites na utilização de um maquinário equipado com sistema de GPS, onde estão fazendo comunicação geométrica entre si para melhor posicionamento.

A tecnologia tem revolucionado o cultivo da cana-de-açúcar ao possibilitar uma gestão mais eficiente dos recursos e um manejo agrícola orientado em dados detalhados.

Os artigos analisados estudam os avanços tecnológicos aplicados à cultura, destacando os principais benefícios, desafios e as ferramentas utilizadas para aumentar a produtividade e reduzir impactos ambientais. O setor sucroalcooleiro, devido à sua importância econômica e social, tem se destacado como um dos maiores beneficiados pelas inovações tecnológicas, que proporcionam maior precisão no controle das operações. Apesar dos avanços, a adoção em larga escala da tecnologia ainda enfrenta barreiras estruturais e financeiras, o que impede sua expansão.

471

A base da alta tecnologia está na coleta e interpretação de dados para auxiliar na tomada de decisões mais assertivas no campo. Novidades como sensores, imagens de satélite, drones e sistemas de topografia, são amplamente utilizadas para o monitoramento em tempo real das condições das lavouras. “A adoção de sensores NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) permite a avaliação em tempo real do vigor das plantas, facilitando a identificação de áreas com necessidade de intervenção” (Grego, 2014, p.445). A afirmação de Grego (2014) evidencia como o avanço tecnológico tem contribuído para o manejo mais eficiente das áreas agrícolas e ambientais. O uso do NDVI possibilita uma avaliação em tempo real das plantas, permitindo identificar diferenças na saúde da vegetação, o que é essencial para a tomada de decisões rápidas.

Mapa de aplicação localizada.

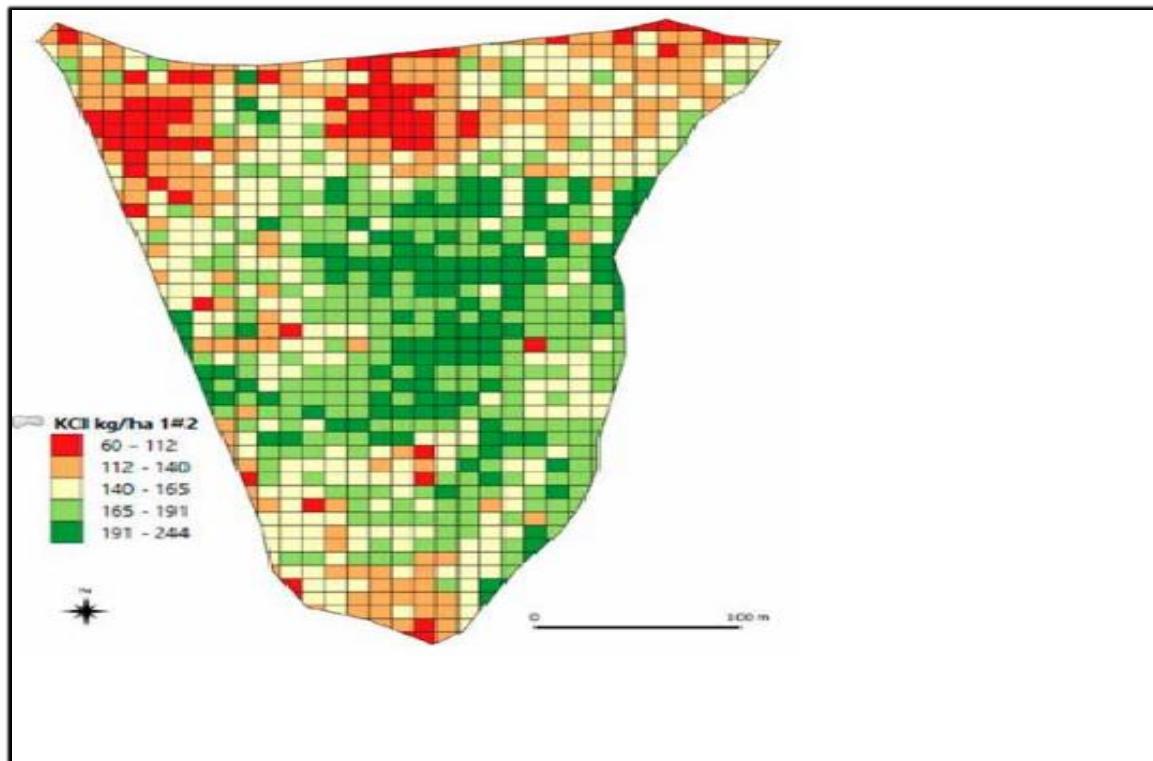


Figura 3: Fonte: SENAR (2019).

As aplicações na Agricultura de Precisão podem ser feitas de forma localizada e com doses variáveis. Este mapa mostra as diferentes necessidades do talhão em relação aos insumos.

Esse tipo de tecnologia possibilita um diagnóstico preciso da saúde das plantas, identificando deficiências nutricionais, ataques de pragas ou estresses hídricos, antes que eles comprometam a produtividade. Além disso, o uso de Drones para monitoramento aéreo tem se tornado uma prática cada vez mais comum, permitindo a visualização de grandes áreas de cultivo com alta precisão. Outro aspecto essencial é a aplicação localizada de insumos, que possibilita a distribuição de fertilizantes e defensivos agrícolas.

Essa prática não gera desperdícios e minimiza agressão ambiental, promovendo uma produção mais sustentável. Dessa forma em vez de uma aplicação uniforme em toda a lavoura, a distribuição de fertilizantes e defensivos é feita de maneira específica para cada área, respeitando a variabilidade espacial do solo e das plantas. Além disso, a melhoria no controle de pragas e doenças reduz a necessidade de aplicações corretivas, o que também se reflete na economia de recursos e na diminuição dos impactos ambientais.

Apesar dos inúmeros benefícios, a aplicação da alta tecnologia ainda enfrenta obstáculos relevantes. Um dos principais entraves é o elevado custo inicial das tecnologias, que representa uma barreira para pequenos e médios produtores. Além disso, o uso efetivo dessas

ferramentas exige um alto nível de capacitação técnica, já que a análise e interpretação dos dados gerados por sensores e softwares exigem conhecimento especializado. A insuficiência de capacitação técnica para a correta interpretação dos dados constitui um dos maiores desafios para a disseminação e utilização ampla dessas tecnologias (RESENDE, 2010).

Sem o devido preparo, os produtores podem ter dificuldades para utilizar as informações coletadas de maneira eficaz, comprometendo os ganhos esperados com a tecnologia.

A superação desses obstáculos exige investimentos em políticas públicas e iniciativas que promovam a democratização da tecnologia no campo. A disponibilização de linhas de crédito específicas para aquisição de equipamentos, a oferta de programas de capacitação técnica e a expansão da conectividade em áreas rurais, são ações fundamentais para viabilizar a adoção da alta tecnologia em larga escala. (Silva; Souza, 2018).

473

2.3 Equipamentos e análise dos resultados

I. Preparo de solo

O ponto de partida consiste na realização de amostragens que possibilitem caracterizar a variabilidade espacial dos atributos do solo relacionados à produtividade da cultura em uma determinada área. Para esse fim, é comum a coleta de amostras georreferenciadas dispostas em uma grade amostral (grid), permitindo que os resultados das análises sejam processados por meio de técnicas de geoestatística. A partir desses dados, são criados mapas temáticos que representam a variação espacial dos valores de cada atributo avaliado.

Com base nos mapas de fósforo (P), potássio (K) e saturação por bases (V%), é possível elaborar mapas de prescrição para o fornecimento de fertilizantes e calcário em quantidades variáveis, conforme a condição de fertilidade observada em diferentes partes do talhão. Da mesma forma, o mesmo procedimento pode ser adotado para a aplicação de gesso agrícola, desde que sejam obtidas amostras georreferenciadas na camada de 20 a 40 cm de profundidade. Atualmente, existem equipamentos, inclusive de fabricação nacional, capazes de realizar a aplicação desses insumos de forma automatizada e em taxa variável, de acordo com as informações contidas nos mapas de prescrição (RESENDE, 2006).

Análise, correção e preparo do solo para plantio.



Figura 4: Imagem elaborada pelos autores (arquivo pessoal).

- Áreas de cultivo Destilaria Rio Cachimbo: Lat. 17°50'40.48"S / Long. 45°52'21.05"O.

A imagem à esquerda mostra o autor Mateus em campo realizando a coleta de amostras de solo para análise, utilizando um trado como ferramenta, à direita observa-se um caminhão realizando a aplicação de calcário no solo para correção da acidez, e ao centro um trator puxa uma grade de arado, utilizada no preparo e na incorporação do solo.

II. Plantio mecanizado

O plantio mecanizado atualmente se estende a muitas culturas. No processo de mecanização todas as operações, desde a colheita de mudas até o plantio são realizadas de forma mecanizada. A colhedora é adaptada para a colheita de mudas e o plantio é feito por uma máquina que abre o sulco, aduba, aplica produtos fitossanitários, insere as canas dentro do sulco já picadas, fecha o sulco e nivela o terreno (MELLO, 2020).

O plantio feito de forma eficiente é o que define a produtividade dos canaviais, por isso precisa ser bem realizado, pois reflete na produção de colmos por área e se mal conduzido pode ocasionar falhas no perfilhamento com consequente redução da produtividade e dos lucros (MISSIO, 2016).

Execução de plantio em sulco já aberto no solo.



475

Figura 5: Imagem elaborada pelos autores (arquivo pessoal).
 - Áreas de cultivo Bevap Bioenergia: Lat. 17° 3'46.74"S / Long. 46°10'42.33"O.

Nessas imagens, está retratada à esquerda uma lavoura em desenvolvimento com fileiras de plantas bem definidas, indicando o resultado de um plantio mecanizado e bem manejado, no canto superior direito nota-se um trator acoplado a um implemento agrícola, realizando a distribuição igualitária de mudas de cana-de-açúcar, abaixo encontram-se diversos maquinários agrícolas empregados nas operações de plantio e logística de campo.

III.GPS RTK

No GPS de Posicionamento Cinemático em Tempo Real (RTK) são utilizados dois receptores trabalhando na coleta de dados. Um dos receptores é denominado (base) que fica sobre um piquete de referência com coordenadas conhecidas. O outro receptor (receptor móvel), localizado nos arredores, coleta dados nos pontos de interesse do operador para determinação da posição em tempo real (BARBOSA, et. al. 2010).

Receptor móvel ComNav, bastão de elevação da antena a 2m e coletora de pontos.



Figura 6: Imagem elaborada pelos autores (arquivo pessoal).
 - Áreas de cultivo WD Agroindustrial: Lat. 18°13'1.32"S / Long. 45°59'22.77"O.

As imagens apresentadas ilustram a aplicação do sistema de GPS em ambiente de campo, evidenciando os equipamentos associados e o modelo tecnológico utilizado. À esquerda, observa-se o autor Pedro; ao centro, o dispositivo coletor de dados georreferenciados; e à direita, o autor Mateus. Ambos encontram-se em atividade de levantamento topográfico em um talhão de plantio.

IV. Irrigação

A irrigação é a técnica de oferecer água artificialmente seguindo as necessidades da planta em cada estádio de seu desenvolvimento. É uma prática milenar realizada com o objetivo de alcançar maior produtividade e rentabilidade no desenvolvimento das culturas (EMBRAPA, 2008).

Existem várias formas de irrigação para esta cultura, dentre eles, os métodos convencionais, irrigação superficial em sulcos, aspersão, pivô central, pivô linear e gotejo (Leal, 2012).

Sistemas de irrigação.



Figura 7: Imagem elaborada pelos autores (arquivo pessoal).
 - Áreas de cultivo Bevap Bioenergia: Lat. 17° 3'46.74"S / Long. 46°10'42.33"O.

A imagem mostra um mosaico de fotografias relacionadas à irrigação agrícola. Na parte superior à esquerda, um sistema de irrigação por pivô central instalado em campo para irrigar cana-de-açúcar, abaixo o canal de transposição revestido em lona plástica com um grande volume de água, responsável pelo abastecimento da irrigação, na parte superior à direita, um carretel de irrigação (hidro roll) com sua mangueira acoplada, logo abaixo o canhão de irrigação lançando jatos d'água demonstrando o funcionamento do equipamento.

V. Pulverização e aplicações aéreas

A pulverização consiste em uma tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários que promove a transformação de líquidos em gotas ou partículas. A aplicação, por sua vez refere-se à deposição dessas gotas, contendo o princípio ativo, sobre o alvo desejado, com tamanho e densidade adequados.

Essa técnica é amplamente empregada no controle de insetos, bactérias, fungos e plantas daninhas. Para que a aplicação seja eficiente, é imprescindível a realização de um estudo detalhado da área, considerando conceitos multidisciplinares voltados ao aumento da produtividade, à redução do uso de insumos, à mitigação de impactos ambientais e à diminuição dos custos operacionais (CASALI, 2015).

Tecnologias de Pulverização Agrícola de Precisão.



Figura 8: Imagem elaborada pelos autores (arquivo pessoal).
 - Áreas de cultivo Destilaria Rio Cachimbo: Lat. 17°50'40.48"S / Long. 45°52'21.05"O.

As imagens retratam três elementos relacionados à pulverização agrícola, sendo à esquerda um dispositivo de controle exibindo o mapeamento de uma área a ser trabalhada, ao centro um Drone agrícola em operação sobre uma lavoura representando a pulverização de precisão, e à direita um pulverizador autopropelido terrestre, equipamento de grande porte empregado em pulverizações de larga escala.

VI. Colhedora agrícola

A colheita passou por diversas mudanças ao longo dos anos, evoluindo da forma manual, em seguida para o sistema semi-mecanizado, e posteriormente a substituição para o sistema mecanizado. Essas mudanças ocorreram por diversos fatores, dentre eles a busca por redução de custos e a escassez de mão de obra.

No sistema manual, o corte e o carregamento são realizados inteiramente de forma manual. No sistema semi-mecanizado, o corte permanece manual e o carregamento ocorre de forma mecânica. Por fim, no sistema mecanizado são empregadas colhedoras de cana, que executam as funções de corte, limpeza e carregamento dos caminhões que fazem o transporte (Silva e Silva, 2012).

Colhedora com sistema GPS integrada para operação em Agricultura de Precisão.



Figura 9: Imagem elaborada pelos autores (arquivo pessoal).

- Áreas de cultivo Destilaria Rio Cachimbo: Lat. 17°50'40.48"S / Long. 45°52'21.05"O.

As imagens apresentadas ilustram a operação da colhedora de cana-de-açúcar equipada com sistemas de Agricultura de Precisão. Na imagem superior à esquerda, observa-se o processo de colheita realizado em linhas, característico do cultivo da cana-de-açúcar. A imagem inferior à esquerda evidencia os painéis do sistema de piloto automático, responsáveis pela condução da máquina com base exclusivamente no sinal do GPS. Por fim, a imagem à direita demonstra o manejo empregado pela colhedora durante a etapa de corte da cana.

3 Considerações finais

A partir da análise realizada, foi possível compreender que a adoção das técnicas de Agricultura de Precisão no manejo da cana-de-açúcar em João Pinheiro tem proporcionado avanços significativos na eficiência produtiva e na sustentabilidade ambiental. As tecnologias aplicadas têm contribuído no dia a dia, reduzindo o desperdício de insumos, otimizando o manejo do solo e minimizando os impactos ambientais.

Observa-se que o investimento inicial em equipamentos e na capacitação técnica ainda constitui um grande desafio, sobretudo para produtores de pequeno e médio porte. Apesar disso, os benefícios econômicos tornam-se evidentes, pois a produtividade tende a crescer e os custos operacionais diminuem.

Além dos ganhos econômicos e ambientais, ressalta-se a importância da qualificação profissional para o uso eficiente das ferramentas tecnológicas. A falta de conhecimento técnico pode limitar o aproveitamento dos recursos disponíveis.

Dessa forma, constata-se que a Agricultura de Precisão é um instrumento fundamental para o desenvolvimento sustentável do setor sucroalcooleiro em João Pinheiro. Sua aplicação fortalece a competitividade regional, estimula a inovação tecnológica no campo e contribui para o equilíbrio entre produtividade, rentabilidade e preservação ambiental, sendo esses os pilares indispensáveis para a agricultura moderna e para o futuro do agronegócio.

480

REFERÊNCIAS

- ALVES, I. **Pesquisa de Campo**. Disponível em: <<https://www.significados.com.br/pesquisa-de-campo/>>. Acesso em: 15 jun. 2025.
- ANTUNES, J. F. G.; Lamparelli, R. A. C.; Rodrigues, L. H. A. Mapeamento do cultivo da cana-de-açúcar por meio da classificação de séries temporais de dados MODIS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15., João Pessoa, 2017.
- BARBOSA, E. M.; Monico, J. F. G.; Alves, D. B. M.; Oliveira, L. C. Integridade no posicionamento RTK e RTK em rede. **Boletim de Ciências Geodésicas**, p. 589-605, 2010.
- BRASIL. Agência Minas Gerais. **Brasil deve produzir mais álcool em 2016**. Disponível em: <https://www.mg.gov.br/agricultura/noticias/estado-deve-produzir-mais-alcool-em-2016>.
- BRASIL. Ministério-do-Desenvolvimento-Agrário. Módulo Fiscal. [Brasília]: Módulo Fiscal, [28/01/2020]. Disponível em <https://www.gov.br/incra/pt-br/assuntos/governanca-fundiaria/modulo-fiscal>
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agricultura de precisão: boletim técnico**. Brasília, DF: MAPA, Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo, 1. ed., 2009. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/agric_precisao.pdf. Acesso em: 07 out. 2025
- BRITO, J.G.A.A.; Guimarães, h. S.; Martins, C. V. **A topografia e sua contextualização ao longo da história**. XVII Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico. Recife-PE, 2005.
- CASALI, A. L.; Schlosser, J. F.; Gandolfo, M. A.; Uhry, D.; Rodrigues, F. A. **Nível de capacitação e informação dos operadores de máquinas para a aplicação de agrotóxicos**. Ciência Rural, v. 45, n. 3, p. 425-431, 2015
- CLIMATEMPO. **Climatologia – João Pinheiro (MG)**. Disponível em: <<https://www.climatempo.com.br/climatologia/151/joaopinheiro-mg>>. Acesso em: 01 nov. 2025



COELHO JÚNIOR, José Machado, Rolim Neto, Fernando Cartaxo Rolim Neto, Andrade, Júlio da Silva Correa de Oliveira. **Topografia geral.** Recife: EDUFRPE, 2014.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira: cana de açúcar, v. 11 – safra 2023/24, n. 2 – **Segundo levantamento.** Brasília, DF, 2023. 42 p. Disponível em: <https://www.conab.gov/info-agro/safras/cana/boletim-da-safrade-cana-de-acucar>.

CORÁ, J. E. et al. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 28, n. 6, p. 1013–1021, 2004.

Costa, A. F.; Silva, P. M.; Martins, L. R. (2020). **Impactos ambientais da agricultura de precisão no cultivo de cana-de-açúcar.** Revista Brasileira de Agricultura, v. 8, n. 2, p. 100-113.

DE RESENDE, A. V. et al. **Agricultura de precisão no Brasil: avanços, dificuldades e impactos no manejo e conservação do solo, segurança alimentar e sustentabilidade.** 2010.

DO SOLO, A. E. I. NO M. E. NA C.; ALIMENTAR, NA S. E. NA. **Agricultura de precisão no Brasil.** Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1008255/1/AgriculturadeprecisaonBrasil.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2025

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Plantio da cana-de açúcar.** Árvore do conhecimento – Cana-de-açúcar, 2008. Disponível em: Acesso em 10 jun. 2025

FERREIRA, e. C.; Oliveira, j. P.; Lima, R. S. (2017). **Capacitação dos produtores rurais para o uso de tecnologias na agricultura de precisão.** In: Anais do Congresso de Tecnologia Agrícola, São Paulo.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008. gov.br/Incra/pt-br/assuntos/governanca-fundiaria/modulo-fiscal

GREGO, Célia Regina et al. Bernardi, Acc; Naime, JM; Resende, Av; Bassoi, LH. **Agricultura de precisão em cana-de-açúcar.** p. 442-457, 2014.

MACHADO, A. **Método qualitativo: O que é e como fazer uma pesquisa qualitativa? Acadêmica,** 10 maio 2023. Disponível em: <<https://www.academica.com.br/post/m%C3%A9todo-qualitativo-como-fazer>>. Acesso em: 15 jun. 2025

MEDEIROS, e. F.; Almeida, g. H.; Pereira, V. R. (2019). Agricultura de precisão no Brasil: benefícios e desafios. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 17, n. 4, p. 212-221.

MELLO, R. da C. Plantio mecanizado de cana. 2020. **Revista Cultivar.** Disponível em: <<https://revistacultivar.com.br/artigos/plantio-mecanizado-de-cana>>. Acesso em: 31 out. 2025



MONICO, J.F.G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS Descrição, fundamentos e aplicações.** 1. ed. Presidente Prudente: Editora UNESP, 2000.

MONICO, J.F.G. **Posicionamento pelo GNSS:** descrição, fundamentos e aplicações. 2.ed. São Paulo: Unesp, 2008.

OLIVEIRA FILHO, Francisco X. de et al. Zona de manejo para preparo do solo na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 186-193, 2015.

RESENDE, A. V.; Shiratsuchi, L. S.; Sena, M. C; Krahl, L. L.; Oliveira, J.V. F.;Corrta, R.F.;Oro,T. **Grades amostrais para fins de mapeamento da fertilidade do solo em área de cerrado.** In: CONGRESSOBRASILEIRODE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2., 2006, São Pedro. Anais ... Piracicaba: Esalq, 2006.

SANTOS, Pedro Henrique Almeida et al. **Estudo da hidronímia dos principais afluentes do rio São Francisco.** 2025.

SEMAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Máquinas Agrícolas: **Tecnologia de Precisão.** Brasília: SENAR, 2012. 76 p.

SILVA, T. A.; Souza, F. P. (2018). **Conectividade rural e suas implicações na adoção de tecnologias na agricultura.** Revista de Tecnologias Rurais, v. 14, n. 1, p. 55-67.

SILVA, J. P. N. & Silva M. R. N. **Noções da cultura da cana de açúcar.** Santa Maria, UFSM. 105p, 2012.

SILVA, Vandear José da; GONÇALVES, Maria Célia da Silva; SILVA, Giselda Shirley da. **Histórias e memórias:** experiências compartilhadas em João Pinheiro. João Pinheiro: Editora Patrimônio Cultural, 2011.

VÉRAS, L. J. **Topografia:** Notas de aula. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE. 2003.

ZHAO, X.; LI, Z.; CHEN, J. (2018). **O impacto da agricultura de precisão na sustentabilidade agrícola.** Agricultura Systems, v. 167, p. 1-8.