

## **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**

*USE OF REMOTE SENSING AS SUPPORT FOR THE IDENTIFICATION OF HIGH AND LOW PERFORMANCE AREAS IN SOYBEAN CROP: A CASE STUDY IN THE JALES-SP REGION*

**Thailuana M. Costa<sup>1</sup>, Cristina Tondato<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Faculdade de Tecnologia Prof. José Camargo – Fatec Jales, thailuana.costa@fatec.sp.gov.br

<sup>2</sup>Faculdade de Tecnologia Prof. José Camargo – Fatec Jales, cristina.tondato@fatec.sp.gov.br

### **Recursos Naturais**

#### **Subárea: Tecnologias e Inovações para o Agronegócio**

#### **RESUMO**

O agronegócio brasileiro desempenha um papel significativo na economia do país, representando 27,5% do PIB em 2021. A soja é um dos principais produtos desse setor, com o Brasil sendo o maior produtor mundial. Nesse cenário, a Agricultura 4.0, com o uso de tecnologias inovadoras, tem contribuído para o aumento da produtividade e competitividade do agronegócio. Assim, o sensoriamento remoto e os sistemas de informação geográfica (SIG) são ferramentas importantes para coleta, tratamento e análise de informações no agronegócio. O uso de índices de biomassa, juntamente com essas tecnologias, permite o zoneamento da plantação, eficiência no uso de insumos e controle de pragas e doenças. Considerando esse contexto, foi realizado um estudo de caso em uma propriedade produtora de soja na região noroeste do Estado de São Paulo. O objetivo do presente estudo foi utilizar imagens de biomassa e o mapa *powerzone* para identificar zonas de alto e baixo desempenho no talhão de soja. Também foi utilizado um drone para obtenção de fotos e geração de um mapa de biomassa do talhão. Essas imagens foram úteis para o monitoramento, gerenciamento e tomada de decisões na lavoura, permitindo o manejo direcionado para áreas com maior necessidade.

Palavras-chave: soja; índice de vegetação; agricultura digital.

#### **ABSTRACT**

*The Brazilian agribusiness plays a significant role in the country's economy, representing 27.5% of the GDP in 2021. Soybeans are one of the main products in this sector, with Brazil being the world's largest producer. Agriculture 4.0, with the use of innovative technologies, has contributed to increasing productivity and competitiveness in agribusiness. Remote sensing and geographic information systems (GIS) are important tools for data collection, processing, and analysis in agribusiness. The use of biomass indices, along with these technologies, allows for zoning of the plantation, efficient use of inputs, and pest and disease control. A case study was conducted on a soybean-producing property in the northwest region of the state of São Paulo. The objective of the study was to use biomass images and the power zone map to identify areas of high and low performance within the soybean plot. A drone was also used to capture photos and generate a biomass map of the plot. These images were useful for monitoring, management, and decision-making in the field, enabling targeted management in areas with higher needs.*

*Keywords: soy; vegetation index; digital agriculture.*

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA, 2023), o agronegócio brasileiro representou 27,5% do Produto Interno Bruto (PIB) em 2021. A soja, um dos principais produtos do setor, teve uma safra recorde em 2020/21, com mais de 135 milhões de toneladas colhidas no Brasil, tornando-o o maior produtor mundial (CONAB, 2022b).

A demanda global por soja deve continuar em alta, impulsionada pelo crescimento da renda per capita em países como China, Índia, Brasil, México, Indonésia e África do Sul, que necessitam de volumes crescentes de soja para o consumo humano e alimentação animal (OECD, 2021). A utilização de tecnologias inovadoras no agronegócio, como a Agricultura 4.0, tem contribuído para o aumento da produtividade e competitividade, bem como para o crescimento da economia do país. Vale destacar que a Agricultura 4.0 não apenas aumenta a produção, mas também incentiva a sustentabilidade. Uma vez que os agricultores podem diminuir o uso de água, inseticidas e fertilizantes, a partir da aplicação de insumos com maior eficiência, por consequência, colaborando com a redução de contaminação e poluição dos solos e recursos hídricos.

Nesse contexto, as geotecnologias, incluindo o sensoriamento remoto (SR) e o sistema de informação geográfica (SIG), surgem como ferramentas importantes no processo de coleta, tratamento e análise de informações que dão suporte à tomada de decisões. A utilização de índices de biomassa, como destacado por Sá (2022), possibilita o zoneamento da plantação, maior eficiência no uso de insumos, controle de pragas e doenças, bem como a maximização da produtividade.

Nesse contexto tem-se como objetivo do trabalho realizar o mapeamento agrícola em um talhão de soja localizado no município de Santa Rita D'Oeste, a partir de dados de biomassa e fitossanidade juntamente com o mapa powerzone gerado com imagens coletadas a longo prazo com base em um histórico de cinco anos fornecidas pela BASF Digital Farming GmbH (2023) em cooperação com a VanderSat para identificar zonas de alto e baixo desempenho no talhão. Assim, essas informações podem apoiar a tomada de decisão e um manejo mais eficiente da cultura da soja.

Assim, este trabalho encontra-se organizado como se segue. Na Seção 2 são apresentados os principais conceitos, teorias, modelos e pesquisas relevantes que estão relacionados ao tema abordado no artigo. Na Seção 3 são apresentados detalhes sobre o desenho do estudo, a coleta de dados, as técnicas de análise e todas as etapas envolvidas na realização da pesquisa. Por sua vez na Seção 4 são apresentadas as análises de mapas processados e discussões relevantes para caracterizar os problemas localizados e finalmente na Seção 5 está apresentada as considerações finais levando em conta os principais pontos discutidos ao longo do estudo.

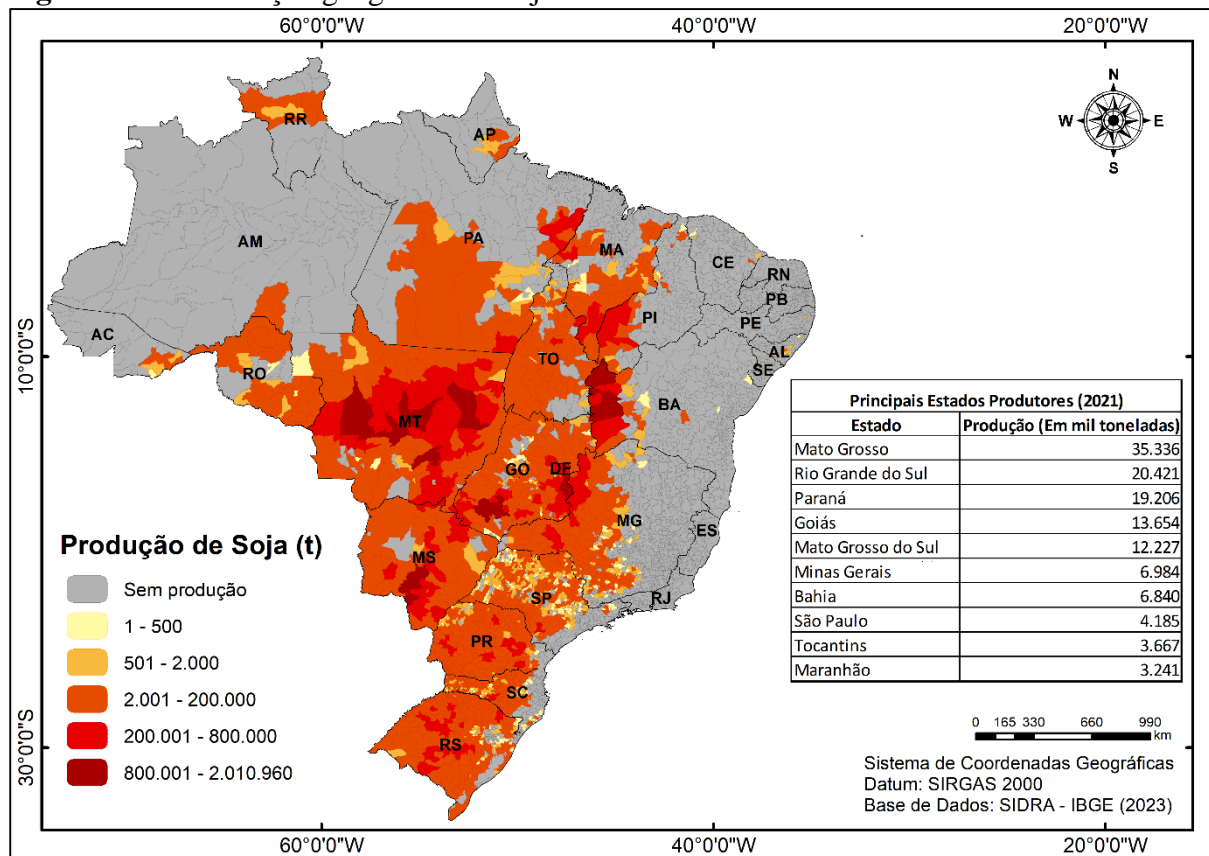
## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Um dos produtos agrícolas mais importantes do mundo é a soja, utilizada como matéria-prima para a fabricação de biodiesel e como fonte significativa de proteína para seres humanos e animais. Os países como a Argentina, Brasil e Estados Unidos da América (EUA) são os maiores produtores e exportadores de soja. O Brasil produziu 137 milhões de toneladas de soja no ano de 2020 e exportou cerca de 85 milhões de toneladas. A China, que em 2020 representava mais de 60% do comércio mundial de soja, é o maior importador dessa proteína (GUARALDO, 2021).

Segundo dados do Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), os estados de Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul são tidos como os principais produtores de soja no Brasil. O estado Mato Grosso foi o maior produtor de soja em 2021, responsável por aproximadamente

26,1% da produção nacional, seguido pelos estados do Rio Grande do Sul (15,1%) e o Paraná (14,2%), representando mais de 55% da produção nacional de soja (Figura 1). O sucesso da soja nessas áreas pode ser atribuído ao clima favorável e aos investimentos em infraestrutura e tecnologia (IBGE, 2021).

**Figura 1** – Distribuição geográfica da soja no Brasil



Fonte: ARANTES, 2023.

Devido ao aumento da rentabilidade da soja no país, a cultura despertou interesse em outras regiões, foi o que aconteceu na região Noroeste Paulista, o cultivo da cultura passou a ser utilizada como alternativa de rotação com a cana-de-açúcar. O plantio do grão é favorecido pelo início do verão, quando ocorrem chuvas na região. Segundo um levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2022a), a estimativa para a safra de 2022 é de 312,4 milhões de toneladas de grãos, um aumento de 15,3% em relação à safra de 2021, correspondendo a 41,5 milhões de toneladas a mais.

Para resolver problemas como a desuniformidade das lavouras, aumentar a produtividade e reduzir os custos de produção, surgiu a Agricultura de Precisão (AP) na década de 1980, consolidando-se nos anos 90 com as tecnologias de monitoramento por satélite, como o Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS). A Agricultura de Precisão consiste em um conjunto de técnicas e metodologias que visam otimizar o manejo de cultivos e a utilização de insumos agrícolas, proporcionando a máxima eficiência econômica. As ferramentas da AP permitem o uso racional de fertilizantes e agrotóxicos, garantindo a redução dos impactos ambientais decorrentes da atividade agrícola (BRASIL, 2009).

Entre as estratégias da AP está o sensoriamento remoto (SR), que pode auxiliar em diversas áreas. O SR é uma tecnologia que possibilita a obtenção de imagens e informações da superfície terrestre por meio de sensores instalados em plataformas terrestres, aéreas e orbitais.

Esses dados são gerados por meio da captação e registro da energia refletida ou emitida da superfície terrestre, sem contato físico entre a superfície e o sensor (FORMAGGIO et al., 2017).

No contexto das lavouras, o uso do satélite é uma das possíveis plataformas para o sensoriamento remoto. No entanto, a tecnologia mais utilizada atualmente para essa finalidade são os drones segundo MAZUR (2016), o uso comercial dos drones vem crescendo desde o início da década de 1980, e a agricultura é uma das áreas mais promissoras para a aplicação dessa tecnologia.

O uso do drone possibilita a coleta de dados das plantas para análise da saúde das culturas, detecção de secas ou pragas que podem atingir as plantações, estimativa da produtividade dos recursos e das plantas, delimitação da melhor área de plantio por meio de uma visão aérea e panorâmica, aplicação de inseticidas e pesticidas e detecção de focos de incêndio (MAZUR, 2016).

No entanto, o uso do drone pode ter um alto custo agregado ao serviço, chegando a custar até R\$ 300 mil ou mais, dependendo do modelo. Além disso, operá-los incorretamente pode causar acidentes aéreos e prejuízos (RIBEIRO, 2022), o que tem levantado questionamentos sobre o uso dessa tecnologia. Uma alternativa para reduzir o custo agregado seria a substituição do VANT pelo uso do satélite para o mapeamento da produtividade da lavoura.

O uso do satélite é fundamental para a obtenção, manipulação e armazenamento de dados georreferenciados para transformá-los em informações relevantes por meio de imagens gráficas, caracterizando o geoposicionamento (QUEIROZ et al., 2022). Uma forma de tornar essas informações relevantes é por meio do mapeamento desses dados utilizando marcadores gráficos.

A marca Xarvio™ Digital Farming Solutions é oferecida pela BASF Digital Farming GmbH em cooperação com a VanderSat e disponibiliza soluções de produtos digitais baseados em uma plataforma líder de modelagem de cultivos, oferecendo consultoria agrônoma independente e específica para a zona do campo, possibilitando uma produção mais eficiente e sustentável.

Os produtos Xarvio™ Scouting, Field Manager e Healthy Fields são utilizados por agricultores em mais de 100 países sendo o Xarvio™ Field Manager empregue por 60.000 agricultores (área total de mais de 7 milhões de hectares) em 17 países, o qual possibilita utilizar imagens de biomassa escaláveis e diárias para identificar pontos no talhão com baixa produtividade, e o Xarvio Scouting é utilizado por mais de 4 milhões de agricultores e consultores (LONGHI, 2021).

### **3 METODOLOGIA**

A metodologia utilizada no estudo em questão foi o estudo de caso, que teve como objetivo compreender o assunto investigado de forma ampla e detalhada. O estudo de caso foi conduzido em uma propriedade localizada no noroeste do estado de São Paulo e envolveu duas etapas: a) geração do mapa de produtividade por meio da coleta de dados realizada com o uso de um drone, e b) obtenção de imagens de alta qualidade da biomassa do talhão de soja utilizando a plataforma Xarvio™ Digital Farming Solutions. Foi realizada uma análise comparativa entre as imagens obtidas pela plataforma Xarvio™ Digital Farming Solutions e o mapa de produtividade gerado a partir das imagens do drone.

Para isso, foram realizadas duas visitas de campo com o objetivo de observar a lavoura de soja e identificar as áreas com menores e maiores valores de índice de biomassa de acordo com o mapa gerado pela plataforma. Essas visitas foram realizadas após 30 e 60 dias consecutivos do plantio, a fim de verificar se as áreas com baixo desempenho apresentavam alguma barreira que poderia ter afetado o desenvolvimento da cultura.

Para auxiliar na caracterização da área em outra escala, foi utilizado um drone do modelo Phantom 4 (quatro hélices). Equipado com uma câmera de alta resolução capaz de capturar imagens em 4K, oferece excelentes resultados para análise e processamento posterior. Além disso, conta com recursos avançados, como o modo de voo inteligente e sensores de obstáculos, garantindo um voo seguro e preciso. E uma máquina fotográfica para obtenção de fotos. Essas imagens foram processadas por meio da plataforma DroneDeploy, possibilitando a geração de um mapa de fitossanidade da lavoura.

É importante ressaltar que o plantio de soja na região ocorreu no mês de outubro, porém, devido à falta de chuvas, o produtor desta propriedade iniciou o plantio somente em 20 de novembro, finalizando-o em 15 de dezembro.

Por fim, foi realizada uma análise comparativa entre os mapas obtidos pela plataforma Xarvio™ Digital Farming Solutions.

## **4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

Nesta seção são apresentados e discutidos os resultados obtidos através das geotecnologias aplicadas pelos pesquisadores deste artigo no talhão de produção de soja no noroeste paulista. Por meio da utilização de tecnologias como SR, drones, SIG e análise de dados, os pesquisadores deste estudo exploraram as potencialidades dessas ferramentas para o acompanhamento e avaliação do talhão de produção de soja. Essas geotecnologias permitem a obtenção de informações detalhadas sobre diversos aspectos, como a saúde das plantas, o desenvolvimento da cultura.

### **4.1 ÁREA DE ESTUDO**

No entanto este estudo de caso foi realizado em uma propriedade produtora de soja na região noroeste do Estado de São Paulo, que vem experimentando um crescimento na área plantada nos últimos anos, embora não tenha tradição na produção desse grão. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), a área plantada de soja no ano de 2010 era de 542 hectares e passou para 3.290 hectares no ano de 2021, e com previsão de crescimento nos próximos anos. A região possui forte presença da agricultura familiar, com talhões menores do que em outras regiões, o que torna a estratificação fundiária menos favorável ao cultivo de monocultura em alguns municípios da região.

### **4.2 ELABORAÇÃO DO MAPA DE FITOSSANIDADE POR IMAGENS DE DRONE**

Durante o voo, foram capturadas 86 imagens em alta resolução, cobrindo uma área total de aproximadamente 16,1 hectares. As imagens foram capturadas em sequência, com sobreposição adequada para garantir uma cobertura completa e a qualidade necessária para análise.

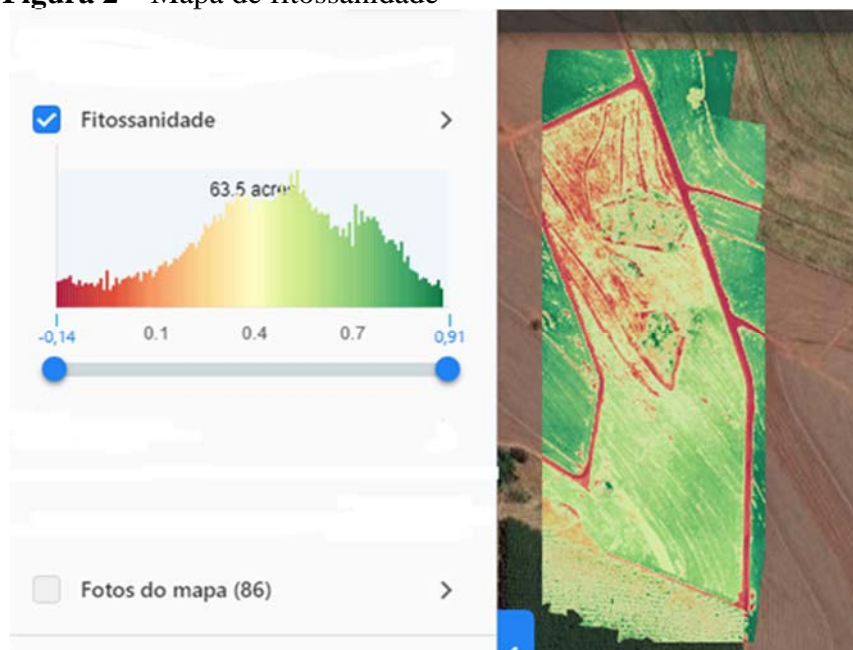
Para processar as imagens e gerar um mapa detalhado da área mapeada, foi utilizado o site DroneDeploy. Essa plataforma online é amplamente utilizada para análise de imagens aéreas e oferece recursos avançados de processamento de dados. As imagens capturadas pelo drone foram enviadas para o DroneDeploy, onde passaram por um processo de processamento utilizando algoritmos avançados, resultando em um mapa 2D detalhado da área cultivada.

O tempo médio de processamento das imagens foi de cerca de 1 hora, considerado rápido levando em consideração a quantidade de imagens e a área mapeada. O resultado foi um mapa detalhado, que mostra com precisão a distribuição da cultura da soja, incluindo características como densidade de plantas, saúde das plantas e possíveis variações na vegetação (Figura 2).

Esse mapa, gerado a partir das imagens capturadas pelo drone, fornece informações valiosas para os agricultores, permitindo uma análise mais precisa e detalhada do desenvolvimento da cultura. Além disso, auxilia na identificação de possíveis problemas, tomada de decisões de manejo e otimização dos recursos disponíveis.

O mapa gerado a partir das imagens coletadas pelo Phantom 4 apresentou uma grande quantidade de informações relevantes sobre a vegetação que permitem visualizar e analisar a saúde das plantas e identificar áreas com problemas de crescimento ou infestação de plantas daninhas. Essas informações foram utilizadas para realizar uma comparação do mapa de fitossanidade obtida a partir de imagens de drone com o mapa powerzone e mapa de biomassa da plataforma Xarvio.

**Figura 2** – Mapa de fitossanidade



Fonte: Elaborada pelos autores.

A Figura 2 apresenta os dados de fitossanidade para o talhão de soja, gerado com base nas imagens de drone que são capturadas em diferentes comprimentos de onda, entre eles o espectro de luz visível, infravermelho próximo e infravermelho térmico. Cada comprimento de onda apresentado à esquerda no mapa pode fornecer informações diferentes sobre a saúde das plantas, permitindo detectar as áreas representadas em vermelho no mapa, com falhas no plantio, deficiências nutricionais, estresse hídrico e infestação de plantas daninhas.

#### 4.3 XARVIO FIELD MANAGER

O Xarvio Field Manager é uma avançada plataforma digital de agricultura de precisão que tem se mostrado essencial para auxiliar os agricultores a gerenciar suas operações agrícolas de forma mais eficiente e sustentável. Com a utilização dessa plataforma, os agricultores têm acesso a uma série de benefícios, como a visualização de dados em tempo real, a geração de relatórios de produção e o monitoramento da saúde das plantas.

Uma das funcionalidades mais destacadas do Xarvio Field Manager é a sua capacidade de gerar mapas de manejo específicos para cada lavoura. Utilizando tecnologias como imagens de satélite e inteligência artificial, a plataforma é capaz de identificar e mapear as diferentes áreas do campo que apresentam variações nos níveis de produtividade. Com base nessas informações, são gerados mapas de zonas de manejo, nos quais são delineadas as chamadas



"zonas de poder" da lavoura. Essas zonas indicam as áreas que necessitam de diferentes quantidades de insumos agrícolas, como fertilizantes e defensivos.

A abordagem de zoneamento de manejo baseada em dados e tecnologia tem demonstrado ser extremamente eficiente na otimização dos recursos e na redução do desperdício na agricultura. Estudos comprovam que, dependendo do nível tecnológico da propriedade antes da implementação da agricultura de precisão, é possível obter um aumento de produtividade de até 29% e uma economia média de 23% no uso de insumos (CASTRO, 2021).

#### 4.4 ANÁLISE DO MAPA DE BIOMASSA

O mapa de biomassa, gerado no dia 02 de abril de 2023, 96 dias após o plantio da cultura, coleta dados sobre a refletância e a absorção da luz pelos diferentes tipos de vegetação presentes na área. Esse mapa é gerado com base em dados de curto prazo e, a partir desses dados, é possível estimar a quantidade de biomassa presente em cada região.

Com o auxílio do mapa de biomassa (Figura 3), é possível observar áreas ao norte do talhão que apresentam problemas de crescimento e desenvolvimento devido a algum problema na lavoura. Essas áreas apresentam uma menor quantidade de biomassa em comparação com as regiões circundantes indicando diferenças no crescimento das plantas.

**Figura 3** – Mapa de biomassa



Fonte: Elaborada pelos autores.

O mapa de biomassa é uma ferramenta valiosa para os agricultores, pois permite identificar áreas problemáticas na lavoura de forma rápida e precisa. Com essas informações em mãos, os agricultores podem direcionar seus esforços de manejo para essas áreas específicas, aplicando medidas corretivas como a adição de nutrientes, ajustes na coleta de solo ou tratamentos fitossanitários.

Todavia, é interessante observar regiões na zona norte identificados como saudáveis, mesmo estando cercados por áreas de vegetação prejudicada representada por cores quentes. Após uma visita ao campo e a análise das imagens de satélite, foi possível identificar que essas regiões são compostas por árvores e vegetação que não correspondem à lavoura de soja, no mapa estão circunscritas em vermelho e no Anexo I podemos ver imagens dessas áreas.

Portanto, a interpretação do mapa de biomassa deve levar em consideração outros fatores, como o histórico da lavoura, as condições climáticas e a análise do solo. Esses dados

complementares podem ajudar a entender melhor as razões por trás das variações na biomassa e auxiliar na tomada de decisões para melhorar o desempenho da lavoura. É por isso que o uso do mapa *powerzone* se torna ainda mais importante. Enquanto o mapa de biomassa fornece informações sobre a quantidade de biomassa presente em cada região da lavoura, o mapa *powerzone* complementa essa informação ao considerar outras variáveis, como a fertilidade do solo, histórico de produtividade e saúde das plantas.

#### 4.5 ANÁLISE DO MAPA POWERZONE

O xarvio Field Manager utiliza um algoritmo de análise de imagem que considera o histórico de imagens de satélite dos últimos cinco anos do campo como suporte para gerar esses mapas de zonas de manejo. Esse algoritmo é treinado para identificar padrões nas imagens e, assim, determinar a produtividade das diferentes áreas da lavoura ao longo do tempo. Essa abordagem de manejo diferenciado oferecida pelo mapa *powerzone* pode levar a uma série de benefícios, como redução de custos com insumos agrícolas, aumento da eficiência produtiva, otimização do uso de recursos e redução do impacto ambiental.

**Figura 4** – Mapa *powerzone*



Fonte: Elaborada pelos autores.

O mapa *powerzone* (Figura 4), é um mapa de zonas de manejo que divide a lavoura em diferentes zonas com necessidades nutricionais e de manejo específicas considerando dados do mapa de biomassa, juntamente com outros dados relevantes, para criar um zoneamento personalizado que auxilia os agricultores no processo de aplicar dos insumos agrícolas de forma mais eficiente.

Para cada zona é atribuída a uma cor diferente, que representa a quantidade de insumos agrícolas que deve ser aplicada em cada uma delas. A zona 1 representa as áreas com um alto potencial produtivo, enquanto a zona 5 representa as áreas com baixo potencial produtivo. Portanto, este talhão apresenta predominantemente zonas entre 3 e 4, caracterizando a área com produtividade mediana para menos.

Portanto, ao combinar o mapa de biomassa com o mapa *powerzone*, os agricultores têm uma visão mais completa da saúde e do potencial produtivo de sua lavoura, permitindo tomar decisões mais precisas e implementar práticas de manejo mais eficientes e sustentáveis.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de tecnologias inovadoras, como a Agricultura 4.0, tem impulsionado o aumento da produtividade e competitividade nesse setor. O sensoriamento remoto e os sistemas de informação geográfica são ferramentas cruciais para coletar, processar e analisar dados no agronegócio. No caso específico do estudo de caso realizado em uma propriedade produtora de soja na região noroeste do Estado de São Paulo, o uso de imagens de biomassa e o mapa *powerzone* pode ser adotado como uma ferramenta para identificar as zonas de alto e baixo desempenho no talhão de soja. A combinação dessas tecnologias pode permitir o zoneamento da plantação, a otimização do uso de insumos agrícolas e o controle de pragas e doenças. Vale destacar que identificação das áreas de baixo e alto desempenho depende da precisão das imagens de satélite utilizadas e da capacidade dos algoritmos de processamento de imagem em interpretar esses dados de maneira precisa. Foi observado que as imagens obtidas por drones apresentam semelhanças significativas com as imagens obtidas por satélites. No entanto, é importante ressaltar que as imagens obtidas por satélite são consideravelmente mais econômicas em comparação com o uso de drones, uma vez que não exigem deslocamento para o campo a fim de coletar as imagens.

Este trabalho pode ser expandido realizando amostragens de solo, análises laboratoriais e observações caracterizadas por visitas diretas e periódicas as lavouras em monitoramento para validar as imagens obtidas por meio dos satélites, ainda é possível realizar uma comparação entre os mapas gerados por maquinários como o mapa de produtividade da colheitadeira.

## REFERÊNCIAS

ARANTES, L. T. **Distribuição geográfica da soja no Brasil**. 2023. Mapa elaborado para este documento.

BASF DIGITAL FARMING GMBH 2023. **Funcionalidade Field Manager**: monitor de talhões. Disponível em: <https://www.xarvio.com/br/pt/produtos/field-manager/monitor-de-talhoes.html>. Acesso em: 12 abr. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Agricultura de precisão**. 2009. Disponível em: [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/agric\\_precisao.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/agric_precisao.pdf). Acesso em: 15 maio 2023.

CASTRO, J. C. **Com agricultura de precisão, produtores rurais alcançam até 29% de aumento na produtividade**. 2021. Disponível em: <https://portal.sistemafamasul.com.br/noticias/com-agricultura-de-precis%C3%A3o-produtores-rurais-alcan%C3%A7am-at%C3%A9-29-de-aumento-na-produtividade>. Acesso em: 15 maio 2023.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. **PIB-Agro/Cepea**: PIB do agro cresce 8,36% em 2021; participação no PIB brasileiro chega a 27,4%. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/releases/pib-agro-cepea-pib-do-agro-cresce-8-36-em-2021-participacao-no-pib-brasileiro-chega-a-27-4.aspx>. Acesso em: 15 maio 2023.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Grãos por unidades da federação**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/907-graos-por-unidades-da-federacao>. Acesso em: 4 out. 2022a.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Safra brasileira de grãos**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 4 out. 2022b.

FORMAGGIO, A. R. *et al.* **Sensoriamento remoto em agricultura**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

GUARALDO, M. C. **Brasil é o quarto maior produtor de grãos e o maior exportador de carne bovina do mundo, diz estudo**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/62619259/brasil-e-o-quarto-maior-produtor-de-graos-e-o-maior-exportador-de-carne-bovina-do-mundo-diz-estudo>. Acesso em: 15 maio 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção agrícola municipal**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html>. Acesso em: 15 maio 2023.

LONGHI, M. R. **Xarvio Digital Farming Solutions**. Münster: BASF Digital Farming Gmb, 2021.

MAZUR, R. A. **Drones: conceitos e aplicações**. São Paulo: Novas Edições Acadêmicas, 2016.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. **World agricultural outlook 2021-2030**. 2021. Disponível em: [https://reliefweb.int/report/world/oecd-fao-agricultural-outlook-2021-2030?gclid=CjwKCAjwhJukBhBPEiwAniIcNZ16bnRiAf09tAmp4uov5id2cQDpnAFXYiRzDOK12WapbeqGbljSihoCjh0QAvD\\_BwE](https://reliefweb.int/report/world/oecd-fao-agricultural-outlook-2021-2030?gclid=CjwKCAjwhJukBhBPEiwAniIcNZ16bnRiAf09tAmp4uov5id2cQDpnAFXYiRzDOK12WapbeqGbljSihoCjh0QAvD_BwE). Acesso em: 15 maio 2023.

QUEIROZ, D. M. *et al.* **Agricultura digital**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2022.

RIBEIRO, A. L. O uso de drones na agricultura: desafios e oportunidades. **Revista Brasileira de Agricultura de Precisão**, v. 25, n. 1, p. 83-98, 2022.

SÁ, I. B. Utilização de índices de biomassa para zoneamento e manejo de culturas. **Revista Brasileira de Agricultura de Precisão**, v. 15, n. 2, p. 113-126, 2022.

## APÊNDICE I

**Figura 1** – Vegetação na lavoura I



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 2** – Vegetação na lavoura II



Fonte: Elaborado pelos autores.