

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**VARIABILIDADE ESPACIAL DOS COMPONENTES DE
PRODUÇÃO DA SOJA E PERDAS NA COLHEITA**

ANNA KELLY SEVERINO SANTOS

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2022**

**VARIABILIDADE ESPACIAL DOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DA
SOJA E PERDAS NA COLHEITA**

ANNA KELLY SEVERINO SANTOS

Engenheira Agrônoma

ORIENTADOR: Prof. Dr. Jorge Wilson Cortez

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Mestre.

Dourados
Mato Grosso do Sul
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S237v	<p>Santos, Anna Kelly Severino. Variabilidade espacial dos componentes de produção da soja e perdas na colheita. / Anna Kelly Severino Santos. – Dourados, MS: UFGD, 2022.</p> <p>Orientador: Prof. Jorge Wilson Cortez. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados.</p> <p>1. Agricultura de precisão. 2. Mecanização. 3. Rentabilidade. I. Título.</p>
-------	---

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.

©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.

VARIABILIDADE ESPACIAL DOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DA
SOJA E PERDAS NA COLHEITA

por

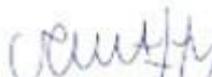
Anna Kelly Severino Santos

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
MESTRE EM AGRONOMIA

Aprovado em 25/02/2022



Prof. Dr. Jorge Wilson Cortez
Orientador – UFGD/FCA



Prof. Dr. Cristiano Márcio Alves de Souza
UFGD/FCA



Prof. Dr. Sérgio Paulo Jasper
UFPR

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre estar ao meu lado, guiando minhas escolhas e me dando forças para superar as dificuldades cotidianas.

Aos meus pais, Cláudia Santos e José Maria pelo apoio, carinho, atenção, ensinamentos e paciência ao longo desses anos, sou grata a tudo que fazem por mim. Amo vocês mais que tudo nessa vida.

Ao meu irmão, Mateus Felipe, por me incentivar e apoiar todos os dias, para mim você será sempre uma criança ao qual devo toda proteção.

Ao meu orientador Professor Dr. Jorge Wilson Cortez pelo apoio e paciência atribuídos a mim durante a elaboração e execução deste trabalho.

A Fabiani Agropecuária *Ltda.* mais específico à Fazenda União e aos funcionários em especial ao Paulo César, Rafael Lima e ao Roberto Freitas pelo apoio, parceria e paciência concedidos a mim durante a execução desse trabalho.

Ao CNPq, pela bolsa de estudos concedida.

Muito obrigado a todos que, de alguma forma, contribuíram com a minha formação.

Muito obrigada!!!

BIOGRAFIA DO AUTOR

ANNA KELLY SEVERINO SANTOS – nascida em Serro no estado de Minas Gerais no dia 14 de agosto de 1994 ingressou o ensino fundamental na “Escola Estadual Doutor João Pinheiro”, na cidade de Serro – MG, estudando nesta no período compreendido de 2006 a 2009, cursando logo após o ensino médio na “Escola Estadual Ministro Edmundo Lins”, na mesma cidade no período de 2010 a 2012. Integrado ao ensino médio, realizou o curso Técnico em Agropecuária na mesma cidade e na última instituição de ensino pelo período de 2011 a 2012. Em 2013, foi contratada como professora substituta lecionando a disciplina de Silvicultura, na mesma cidade e na última instituição de ensino durante o mesmo ano. No ano de 2014, ingressou no curso de Agronomia do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, no Campus São João Evangelista – MG, concluindo no ano de 2019. Durante a graduação participou de iniciação científica com projetos na área de “Olericultura”, assumindo monitoria nas áreas de “Português Instrumental, Metodologia Científica, e Histologia e Anatomia Vegetal”; atuou como Consultora na AGRICAMPO, que é a empresa de consultoria júnior da Faculdade. Em março de 2020 ingressou no curso de Mestrado em Agronomia, na Universidade Federal da Grande Dourados, no Programa de Produção Vegetal, desenvolvendo atividades na área de Agricultura de Precisão, com bolsa de estudos concedida pelo CNPq.

SUMARIO

	PÁGINA
RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 Aspectos econômicos da cultura da soja.....	11
2.2 Agricultura de precisão	12
2.3 Estande e distribuição longitudinal	13
2.4 NDVI.....	15
2.5 Mapas de produtividade e perdas	17
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
3.1 Local.....	20
3.2 Esquema amostral	22
3.3 Equipamentos e insumos.....	24
3.4 Avaliações	25
3.4.1 Estande de plantas e distribuição longitudinal.....	25
3.4.2 NDVI	26
3.4.3 Componentes de produção.....	27
3.5 Análise dos dados.....	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1 Estande e distribuição longitudinal	29
4.2 NDVI.....	35
4.3 Componentes de produção e perdas	37
4.4 Matriz de correlação e equações	48
5 CONCLUSÕES.....	51
6 REFERÊNCIAS	52

SANTOS, A. K. S. **Variabilidade espacial dos componentes de produção da soja e perdas na colheita.** 59f. 2022. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS.

RESUMO

A agricultura de precisão é uma importante ferramenta para maximizar a produção, sendo que a partir dela é possível a confecções de mapas que indicam a localização de áreas críticas, auxiliando o produtor rural a realizar intervenções localizadas, a fim de aumentar a produtividade e consequentemente a rentabilidade. Neste contexto, objetivou-se avaliar a variabilidade espacial dos componentes de produção da soja e perdas na colheita. O estudo foi realizado em uma fazenda comercial com levantamento de dados em dois talhões, sendo de 70,46 (T1) e 63,14 ha (T2), provindos de milho de segunda safra e braquiária, respectivamente. Foram avaliados: o estande de plantas, distribuição longitudinal, NDVI, altura de planta e altura de inserção da primeira vagem, produtividade e a quantificação das perdas de pré-colheita e pós-colheita da máquina, em cada ponto da malha amostral. A análise espacial foi realizada sobre a óptica da geoestatística, e posteriormente foram construídos os mapas temáticos das variáveis analisadas. A variabilidade espacial da produtividade da soja foi confirmada em ambos os talhões, acompanhada pelos dados de estande de plantas, distribuição longitudinal, componentes de produção e NDVI. As perdas dos grãos de soja ocorreram tanto em pré-colheita como durante o processo de colheita, sendo maior durante nesta colheita. As perdas totais foram muito acima de 60 kg ha⁻¹, que é recomendação da literatura.

Palavras-chave: Agricultura de precisão, mecanização, rentabilidade.

SANTOS, A. K. S. **Spatial Variability of Soybean Production Components and Harvest Losses**. 59f. 2022. Dissertation (Master in Agronomy), Federal University of Grande Dourados, Dourados-MS.

ABSTRACT

Precision agriculture is an important tool to maximize production, and consequently it is possible to make maps that indicate the location of critical areas, the rural producer to carry out localized interventions in order to increase productivity and consequently profitability. . In this context, the objective was to evaluate the spatial variability of soybean production and harvest components. The study was carried out in a commercial farm with data collection in two plots, being 70.46 (T1) and 63.14 ha (T2), coming from harvest corn and Brachiaria, respectively. They were: the plant stand, longitudinal distribution, plant NDVI and insertion of the first row, productivity and the quantification of the pre-harvest and post-harvest heights of the machine, in each point of the sampling grid. The spatial analysis was carried out from the perspective of geostatistics, and later the maps of the variables were built. Spatial variability of soybean yield was confirmed in both lugs, accompanied by plant stand data, longitudinal distribution, yield components and NDVI. The losses of harvested soybeans are during the harvesting process, being greater during the harvest. Losses were well above 60 kg ha⁻¹, which in the literature.

Keywords: Precision agriculture, mechanization, profitability.

1 INTRODUÇÃO

A dinamização do agronegócio brasileiro pode ser facilmente percebida pelos números crescentes da produção agrícola na safra de soja, com produção de 124,845 milhões de toneladas e área de cultivo de 36,950 milhões de hectares (EMBRAPA, 2020). Esses valores são em atribuição aos avanços na comunidade acadêmica, ao prolongamento das áreas cultivadas e bem como a necessidade do aumento de produtividade nas lavouras de grãos do Brasil. Dessa maneira, busca-se a todo o momento melhorar os níveis de produtividade e diminuir custos de produção.

Para que isso seja praticável, a essencial tarefa do produtor é promover a melhor adequação do ambiente para o seu desenvolvimento, usando-se de algumas condutas de manejo como, rotação de culturas, plantio direto, monitoramento de perdas pré e na colheita, como também o uso das técnicas de agricultura de precisão. Dentre as práticas de manejos adotadas, as rotações de culturas juntamente com o plantio direto proporcionam ambiente favorável para o desenvolvimento das culturas, isso porque nesse sistema é observado que sobre o solo permanece uma camada mínima de material vegetal, o que garante a cobertura do solo e torna o sistema mais sustentável.

O sucesso de uma lavoura também depende de outros fatores como o planejamento da safra, fertilidade do solo, qualidade fisiológica e sanitária das sementes, época correta de semeadura, entre outros. Porém, não menos importante que os referidos, a obtenção de um estande e sua distribuição longitudinal uniforme ao longo da linha de semeadura, favorece um alto alcance produtivo que é diretamente dependente do sistema eficiente provindo da semeadura. Sendo que, emergências falhas de plântulas, proporcionam estandes com distribuição longitudinal e densidades de plantas indesejadas, o que é visto como gargalo de grande importância que poderá comprometer a produtividade da lavoura de soja.

Ainda se tem, na sojicultura, a utilização de tecnologias adequadas para o seu desenvolvimento, crescimento e produção. Em auxílio aos produtores para obtenção da máxima produtividade, a agricultura de precisão vem sendo utilizada como prática que permite distinguir a área total semeada em pequenas áreas. Isso faz com que cada área e/ou região dentro da lavoura seja vista como uma parcela independente, com

necessidades e limitações diferentes das outras, dessa forma é minimizado o uso de insumos e observada às variabilidades existentes ao longo das áreas de produção.

Apesar de existirem inúmeras possibilidades para cuidar das áreas produtivas em suas limitações, simplesmente com o conhecimento da variabilidade da produção é possível definir quais práticas agrícolas empregadas são eficazes para elevar a produção, com possíveis reduções dos custos. Por meio dos recursos tecnológicos existentes, com o mapeamento, é possível verificar o uso mais eficiente dos fatores de produção e com o uso de NDVI é possível realizar o monitoramento e o acompanhamento da evolução da lavoura em diversos períodos, tornando-se ferramentas de fundamentais importâncias para que o agricultor realize a análise econômica da propriedade e gestão do processo de produção.

Analisando o processo de produção da soja, a colheita mecanizada é a que merece destaque, já que é comprovada a colhedora provoca perdas na plataforma de corte o que se correlaciona diretamente com a altura de inserção da primeira vagem, na qual vagens extremamente baixas não são colhidas pela colhedora, o que resultam em perdas. Assim sendo, as perdas ainda têm forte impacto econômico, embora existam avançadas tecnologias disponíveis para a colheita.

Apesar de relatarem altas produtividades para a cultura da soja, esta pode ser aprimorada com aplicação com a aplicação de práticas de manejos e com o uso de agricultura de precisão. Portanto, objetivou-se avaliar a variabilidade espacial dos componentes de produção da soja e perdas na colheita, e especificamente:

- Analisar e discorrer sobre a variabilidade espacial da produtividade da soja baseado nos dados obtidos, realizar comparações com dados presentes na literatura;
- Determinar quantitativamente as perdas dos grãos de soja (kg ha^{-1}), demonstrando onde ocorrem as perdas (pré e pós-colheita da máquina) e determinar perdas totais; e
- Realizar a confecção de mapas dos componentes de produção, da produtividade e perdas (pré e pós-colheita da máquina) na colheita.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos econômicos da cultura da soja

A soja é uma planta herbácea pertencente à classe *Magnoliopsida* (Dicotiledônea), ordem *Fabales*, família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae*, gênero *Glycine* L. Essa cultura é reconhecida por ser excelente fonte de vitaminas e proteínas, sendo em média o grão de soja composto de 40% de proteínas, 34% de carboidratos (açúcares como frutose, glicose e sacarose, fibras e os oligossacarídeos (estaquiose e rafinose)), 20% de lipídios (óleos), 5% de minerais e não possui amido (EMBRAPA, 2000). Sua superioridade em relação aos outros vegetais e sua correspondência com base aos produtos animais, ficam evidentes quando comparada por meio da composição química do grão, graças a isso existe a versatilidade de utilização na alimentação humana e animal.

A cultura foi inserida no Brasil na Bahia, em 1882, todavia, o seu marco no país se deu em 1908, na qual foi semeada em São Paulo, pelas imigrações japonesas, com disseminação de suas sementes aos agricultores. Atualmente, no meio dos importantes países produtores de soja, destacam-se o Brasil, os Estados Unidos, a China, a Índia e a Argentina (EMBRAPA, 2019).

Na atualidade a soja é semeada em praticamente todas as regiões do território brasileiro, em mérito do grande avanço nos trabalhos de pesquisa, identificando cerca de 25% da produção mundial, colocando o Brasil como segundo maior produtor. No Brasil, a soja vem apresentando recordes sucessivos de produtividade e de área semeada, principalmente nos estados do Mato Grosso, Rio Grande do Sul, Paraná, Goiás, respectivamente, o Mato Grosso do Sul e o quinto estado que mais contribui para a produção nacional de soja em números expressivos (CONAB, 2019).

A elevação da produção de soja no Mato Grosso do Sul ocorreu devido a dois fatores, sendo estes a expansão da área semeada e aos ganhos de produtividade das lavouras sul mato-grossenses. Com isso, essa oleaginosa desempenha um papel de fundamental importância para o estado, pois é responsável pelo superávit da balança comercial, elevação do agronegócio e por consequente geração de empregos diretos e indiretos. O crescimento da produção no estado apresenta implicação direta no aumento de sua capacidade competitiva comercial, que está associado aos avanços científicos e à

disponibilidade de expressivos níveis tecnológicos utilizados no processo de produção (MERCANTE, 2003).

2.2 Agricultura de precisão

Conscientizando-se sobre o dever de preservação do meio ambiente e na demanda de aperfeiçoamento dos recursos para produção dos alimentos, surgiu-se a agricultura de precisão, na qual compreende o conjunto de técnicas que permitem o gerenciamento localizado dos cultivos, que desponta como promessa no cenário brasileiro. A agricultura de precisão é um método de administração sistêmica e aprimorada, que por meio da sistematização da produção, proporciona o domínio da informação, utilizando-se de uma sequência de tecnologias e tendo como base o posicionamento geográfico (TORRE NETO, 2002).

Segundo a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão (CBAP, 2019), a agricultura de precisão ou também conhecida como AP é um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variação espacial de propriedades das plantas e do solo, encontradas nas lavouras, que visam à otimização da sustentabilidade, proteção do ambiente e dos lucros. Essa compreende um conjunto de tecnologias aplicadas que permite um sistema de gerenciamento que considere a variabilidade espacial da produção.

O uso de agricultura de precisão baseia-se em quatro etapas conhecidas como o ciclo da agricultura de precisão, compreendendo a coleta de dados (amostragem de solo, mapeamento, mapas de produtividade, NDVI, sensoriamento remoto e proximal), processamento de dados (processamento de imagens, análises e filtragem de dados), tomada de decisão (interpretação dos resultados, mapas de prescrição de insumos, aplicação de taxa variável (ATV)) e a aplicação (adubação, cultivo, semeadura, pulverização) (MAPA, 2014). Por meio desse ciclo, a essência da agricultura de precisão é a ininterrupta obtenção de informações espacialmente detalhadas da cultura, utilizando-se adequadamente dessas informações para o alcance do manejo aperfeiçoado.

Por meio das tecnologias, maquinários, microcomputadores, sensores e *softwares* cada vez mais sofisticados a agricultura de precisão tornou-se viável para os produtores, que tem como base a tecnologia de informação, por meio do uso de computadores e do Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS), proporcionando

o mapeamento das áreas de produção e a administração da aplicação dos insumos, elevando o nível de eficiência nas áreas semeadas e, como resultado, a produtividade (VALE, 2017).

Um dos principais alvos da agricultura de precisão é potencializar a eficiência na utilização dos insumos agrícolas, realizado diferencialmente ao longo da lavoura, por meio das necessidades reais de cada ponto da área, reduzindo assim, o impacto ambiental e o custo da produção causado pelo excesso de insumos utilizados e exploração das áreas (ELIAS e CAMARGO, 2000).

Por meio da agricultura de precisão busca-se a todo o momento minimizar os efeitos da variabilidade na produtividade das culturas, que é representada por um conjunto de procedimentos e técnicas empregados para que os sistemas de produção agrícola sejam otimizados, cujo objetivo principal é o gerenciamento da variabilidade espacial (MOLIN, 2000).

Dessa maneira, por meio da capacitação do operador e da coleta de dados, são possíveis as confecções de mapas georreferenciados (produtividade, fertilidade, lucratividade e índices de vegetação), para isso, na agricultura de precisão é de suma importância a caracterização e a descrição da variabilidade espacial da produtividade das culturas, visando examinar a variabilidade espacial existente nas lavouras e realizar as tomadas de decisões referentes aos manejos adotados na propriedade (AGUILA, et al., 2011).

2.3 Estande e distribuição longitudinal

Durante o processo de semeadura da soja, o estande de plantas ideal e a distribuição longitudinal uniforme de sementes são considerados como fatores de grande influência na produtividade. A densidade de semeadura, ou também conhecida como estande, é definida como o número de plantas por unidade de área, na qual tem papel de suma importância a produtividade da lavoura. A recomendação do estande das plantas soja sofreu modificações com o passar dos anos, isso foi possível graças às modificações genéticas, anatômicas, bioquímicas e fisiológicas realizadas nas cultivares e as modificações das práticas de manejo.

O estande de plantas pode afetar significativamente a produção de massa seca e a arquitetura das plantas (COX et al., 2011), a velocidade de fechamento das entrelinhas, a

severidade de doenças (LIMA et al., 2012) e por consequente a produtividade de grãos da cultura. Com isso, o estande de plantas é influenciado por meio de competição intraespecífica, dessa forma ocorre competição pela quantidade de recursos provenientes do ambiente (água, luz e nutrientes) livres para cada planta.

Dentre as práticas de manejo, o estande pode ser modificado pelo espaçamento adotado entre as fileiras e também pela densidade de plantas. Em trabalhos publicados por alguns autores (BOARD, 2000; TOURINO et al., 2002; LEE et al., 2008; PROCÓPIO et al., 2013; DE LUCA e HUNGRIA, 2014; BALBINOT JUNIOR et al., 2015) têm apresentado baixa resposta das cultivares de soja às variações de densidade de plantas. Esse resultado é explicado devido à alta plasticidade fenotípica da cultura, que tem a capacidade de alterar os componentes da produção e sua morfologia, adequando-os às condições na qual são submetidas, fazendo com que a manutenção da produtividade nessa gama faixa de densidade ocorra (COOPERATIVEEXTENSION SERVICE AMES, 1994).

Valendo ressaltar que, em baixas densidades, as plantas apresentam a capacidade de emitir números superiores de ramos, o que por consequente aumenta o número de vagens por plantas, o que compensará a menor quantidade de plantas por área por uma produção superior por planta. Entretanto, em alguns ambientes e plantas, a presença de um estande inferior ao adequado pode ocorrer interferência na produtividade (TOURINO et al., 2002; COX e CHERNEY, 2011).

Portanto, o estande de plantas pode variar basicamente com alguns fatores, sendo, a cultivar e a disponibilidade de água e nutrientes. Por meio das pesquisas e por meio das análises das cultivares disponíveis, o estande de plantas de soja recomendado pode variar entre 30 a 32 plantas m⁻² ou 300.000 a 320.000 plantas por hectare, mudando de região para região. São permitidas variações de 20% nesses valores (mais ou menos), não havendo alterações expressivas na produtividade de grãos em grande maioria dos casos, desde que as plantas sejam distribuídas longitudinalmente uniformes, sem apresentar falhas excessivas (SILVA et al., 2013).

Dessa maneira, a melhor plantabilidade é aquela na qual evidenciamos a melhor distribuição das sementes na linha de semeadura, ficando plantas com a mesma distância uma das outras, o que promoverá menor competição e por consequente maior produtividade por plantas, resultando em uma maior produtividade da área. Quando

ocorre a distribuição longitudinal desuniforme nas linhas de semeadura, é observado que o inverso ocorre (IRGA, 2018).

Durante o processo de semeadura da soja, para que ocorra distribuição longitudinal uniforme das sementes na linha de semeadura, deve-se realizar a regulação adequada do maquinário e a seleção da velocidade de deslocamento da máquina, pois em uma regulação incorreta e uma velocidade inadequada, ocorre decréscimo na produtividade final. Em velocidades em excesso no processo de semeadura, é observada uma maior desuniformidade na profundidade das sementes, números de falhas excessivos, ocasionando perdas na produção e presença de plantas daninhas, e presença de plantas duplas, o que promoverá uma competição intraespecífica, acamamento da cultura causando perdas na colheita e dificuldade no controle de doenças (MADALUZ, 2014).

Portanto, para que ocorra melhor distribuição longitudinal e que favoreça o estande mais adequado, a fim de obter maior produtividade da cultura, é recomendado que realize a calibragem adequada e que se ajuste a velocidade de semeadura da soja, na qual é recomendada que a velocidade fique em torno de 4 a 6 km h⁻¹, sendo que valores superiores prejudicam a distribuição longitudinal das sementes na linha de semeadura (LACERDA, 2015).

2.4 NDVI

Na atualidade, vive-se um período de agricultura moderna, na qual se utiliza inúmeras ferramentas tecnológicas em prol do aumento da produtividade, da sustentabilidade no processo de produção e na otimização dos recursos e lucros. Por meio das inúmeras ferramentas de sensoriamento remoto existentes, o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) ou em português Índice de Vegetação por Diferença Normalizada destaca-se por apresentar alta relação com os aspectos fisiológicos e nutricionais das plantas, que identifica a presença de vegetação e define sua distribuição espacial e sua evolução (ROSEMBACK et al., 2005; LOBATO et al., 2010), dessa forma, é constantemente usado para mensurar a intensidade das atividades clorofilianas, sendo possível o monitoramento e sua comparação em diversos períodos.

O NDVI é avaliado realizando a aritmética de canais espectrais dos sensores, que na maioria dos casos são oriundos de satélites, dessa forma é possível realizar sua

normalização, na qual se resume na relação das medidas espectrais de duas bandas, a infravermelho próximo (NIR) e a vermelha (VIS) (PONZONI e SHIMABUKURO, 2012). O valor do índice de normalização varia de -1 a 1, dessa forma o programa atribui cores para cada pixel com base nos valores calculados com as refletâncias, o que gera um mapa das áreas representando a sanidade vegetal. Portanto, uma vegetação em sanidades adequadas apresentará um NDVI próximo de 1 e um solo descoberto terá um NDVI de -1.

Para calcular o NDVI as bandas espectrais utilizadas variam de acordo com o satélite que está em uso no projeto, assim deve-se utilizar a fórmula padrão do NDVI no *software* para realização dos cálculos, como por exemplo, se estiver utilizando dados Landsat 8, $NDVI = (Banda\ 5 - Banda\ 4) / (Banda\ 5 + Banda\ 4)$, onde a Banda 5 representam ondas VIS com 0,64-0,67 micrometros e a Banda 4 que é a NIR com 0,85-0,88 micrômetros (MONTEIRO et al, 2012).

Em grande maioria dos casos, os valores NDVI compreendidos entre 0,2 e 0,4 correspondem às áreas com vegetações mais distanciadas entre si, as vegetações intermediárias tendem a apresentar valores entre 0,4 e 0,6 e já qualquer classificação compreendida acima de 0,6 indicam uma alta probabilidade de presença de folhas verdes. Na agricultura, a utilização do NDVI permite várias atividades, como por exemplo, o monitoramento das lavouras que permite verificar o desenvolvimento da cultura, problemas de recursos hídricos, danos causados por pragas e doenças, e ainda a possibilita estimar a produtividade (CRUSIOL et al., 2018).

Outro aspecto de sua importância do uso de NDVI, é que tende a diminuir a declividade da superfície, geometria de aquisição e os efeitos de iluminação da cena, fatores que são de grande importância nos valores de reflectância da vegetação, com isso então são possíveis realizar inúmeros estudos comparativos entre diferentes épocas e locais (PONSONI e SHIMABUKUTO, 2017). Apesar das grandes vantagens identificadas com o uso de NDVI em grande escala, existem algumas dúvidas com relação às condições da obtenção dos dados de reflectância que ainda necessitam ser compreendidas de forma adequada, pois assim é possível contribuir para o melhor entendimento dos valores do índice, assim como dos diversos modelos ajustados e das limitações existentes.

Em trabalhos publicados por Fontana et al. (2019), em seus resultados ficam claros que o uso do NDVI expressa às variações da biomassa da soja ao longo do ciclo

de cultivo, havendo uma relação proporcional, ou seja, na medida em que ocorrem aumentos e reduções no Índice de Área Foliar (IAF) resultam em respectivos aumentos e reduções no NDVI.

2.5 Mapas de produtividade e perdas

Segundo Acosta et al. (2018), dentre as ferramentas da agricultura de precisão utilizadas, o mapa de produtividade, ou também, mapa de colheita é a informação mais completa para se detectar a variabilidade espacial existentes nas lavouras, porém para que isso seja praticado é necessário que exista um sistema de registros de dados para as máquinas, na qual as mesmas apresentem a capacidade de registrar os dados de produtividade georreferenciados ou ainda que as mesmas apresentem a capacidade de conter as posições de amostras de solo coletadas em campo.

Os mapas de produtividade reproduzem informações detalhadas da produtividade de uma área e/ou talhão e fornecem métodos para o diagnóstico e correção dos motivos das menores produtividades em algumas localizações dentro do talhão. Os dados são processados de acordo com a localização fornecida pelo GNSS e as demais informações apresentadas nos sensores que são instalados nas máquinas, como por exemplo, os sensores de umidade e o de produtividade (VALE, 2017).

Os dados de produtividade são indicadores de fracasso ou sucesso nos processos de gerenciamento das operações, já que fornecem um conjunto de informações que tem grande influência no desenvolvimento dos cultivos, portanto os mapas de produtividade são essenciais para o processo de agricultura eficiente. Essas informações corroboram com os resultados encontrados por Acosta et al. (2018), mostrando que os dados de mapeamento de produtividade estão de acordo com as tecnologias e as práticas de manejo conservacionistas que são adotadas nesse sistema de produção de soja pelo produtor, o que é um indicativo de eficiência para a região em estudo.

Dessa maneira, o mapeamento analisa a eficiência do uso dos fatores de produção, fazendo correspondência à eficiência econômica da propriedade acompanhada de um mapa de perdas na colheita, além de examinar se existe viabilidade da produção da cultura, baseado na expectativa de preço da venda dos grãos. Outra vantagem que merece destaque como o mapeamento é o controle da eficiência das operações agrícolas

mecanizadas, por meio destes é possível caracterizar a variabilidade e analisar a qualidade das operações (MOLIN et al., 2006).

Durante o processo de produção da soja algumas tecnologias, quando bem conduzidas, produzem bons efeitos na produtividade da cultura e evitam perdas durante esse processo, com conseqüente redução dos custos de produção. Sendo que, de todos os processos de produção, a operação de colheita mecanizada é uma das etapas mais importantes na produção da soja, pois seus grãos são suscetíveis aos danos causados pela colhedora (REGONAT, 2007).

As perdas mais expressivas durante o processo de produção da soja são as perdas na colheita mecanizada, podendo ser observadas perdas de pré-colheita devido à semeadura inadequada, o mau desenvolvimento da cultura, ocorrência de plantas daninhas e principalmente a deiscência das vagens, além disso, devido às incertezas climáticas podem ocorrer atrasos que prejudicam a colheita dos grãos (CHIODEROLI et al., 2012). Para que ocorram menos perdas, por meio dos programas de melhoramento genético procuram aumentar quantidades de lignina no tegumento e nas vagens das sementes com o objetivo de as plantas de soja tornarem-se mais resistentes à abertura de vagens (MARCOS-FILHO, 2015).

As quantificações das perdas mais expressivas na pré-colheita ocorrem devido atraso na colheita, e principalmente sob altas temperaturas e elevadas umidades relativas do ar, fazendo com que ocorra a deiscência natural das vagens e em caso de precipitações ocorra até a germinação do grão dentro da vagem (SILVEIRA e CONTE 2013). Em trabalhos publicados por Acosta et al. (2018) apresenta como resultados de alta representatividade perdas mensuradas nos valores de 14,45 a 17,54 kg ha⁻¹, computadas em uma área de 7,10 ha, e dados de maiores perdas registrados em uma área de 2,78 ha, com valores compreendidos de 17,54 a 20,63 kg ha⁻¹ e não registrando perdas de grãos inferiores aos valores entre 2,09 e 5,18 kg ha⁻¹, fato esse que ocorreu devido a deiscência das vagens devido ao atraso na colheita.

Ocorrem também perdas na pós-colheita da máquina, que são advindas diretamente da má regulagem da colhedora, como por exemplo, velocidade do molinete, altura de corte da plataforma da colhedora, rotação do cilindro trilhador, abertura entre cilindro e côncavo e velocidade de deslocamento da máquina. Com base no exposto anteriormente, em trabalhos publicados por Camolese et al. (2015) mostraram que as perdas na colhedora foram advindas dos sistemas de trilha, separação e limpeza foram

computadas em 87,50% na cultura de soja. Corroborando com esses trabalhos, Reynaldo et al. (2015) registraram perdas de 78,80 % na colheita mecanizada de soja. O semelhante ocorreu nas pesquisas realizadas por Bragachini e Peiretti (2013), na qual obtiveram 70% de perda de grão na pós-colheita de soja.

As perdas são computadas como de 80 a 85% ocasionadas pelos mecanismos da plataforma de corte das colhedoras, 12% pelos mecanismos internos e 3% são causadas por deiscência natural (MAGALHÃES, 2009), o que ocasiona perdas expressivas na colheita da soja, podendo variar em cerca de 2 a 3 sacos por hectare. As perdas podem ser evitadas parcialmente, tomando-se alguns cuidados, como por exemplo, aferição regular dos mecanismos de trilha, limpeza e separação, monitoramento rigoroso das velocidades de trabalho da colhedora e planejamento ideal da safra (da semeadura à colheita) (MESQUITA et al., 2001).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

O experimento foi desenvolvido na Fazenda União, pertencente ao grupo Fabiani Agropecuária *Ltda.*, localizada no município de Sidrolândia – MS, com latitude de 20°55'55" Sul e longitude de 54°57'39" Oeste.

As áreas agricultáveis da fazenda vêm sendo manejada a mais de 15 anos em sistema de semeadura direta (SSD), sendo utilizadas algumas ferramentas de agricultura de precisão, como por exemplo, amostragem de solo georreferenciada, piloto automático, aplicação de corretivos e fertilizantes a taxa variada plena, monitoramento por meio de mapas de produtividade e uso de plataformas digitais de gestão de dados.

Foram selecionados 2 talhões (Figuras 01 e 02) para a execução dos trabalhos, sendo um denominado de NEI 31 (Talhão 1) e outro de PIVÔ 1A (Talhão 2). A área do Talhão 1 é de 70,46 ha com altitude de 360 m e do Talhão 2 de 63,14 ha e elevação média de 347 m. Nas Figuras 1 e 2 pode-se verificar a altimetria dos talhões obtidas por meio de imagens de satélites. Ambos os talhões apresentam como classe de solo Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2018) com textura argilosa e topografia com pouca declividade.

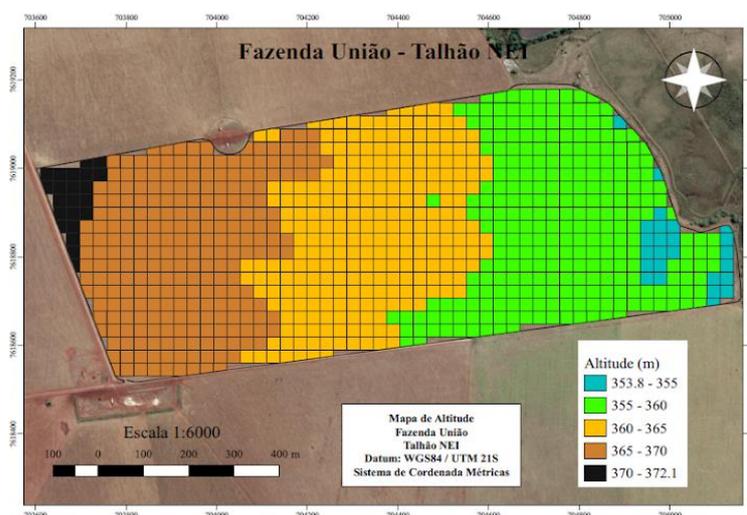


Figura 1. Mapa de localização do Talhão 1 utilizado no experimento e altitude.

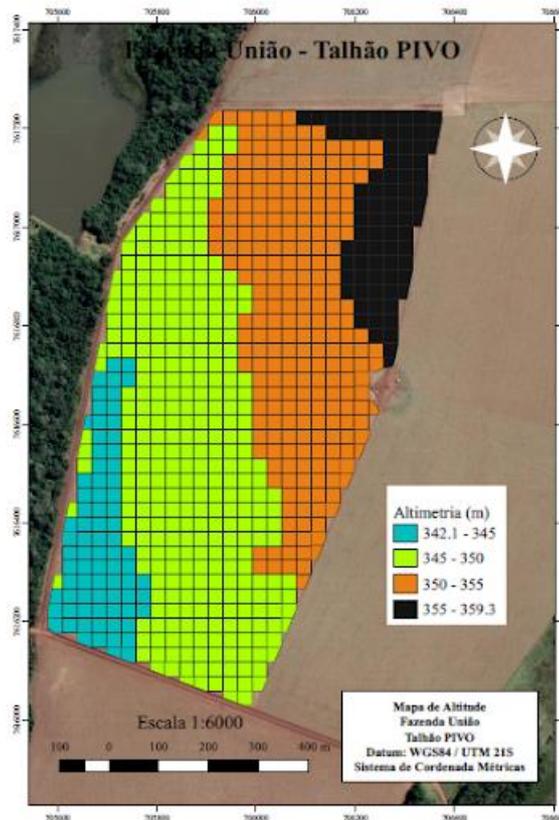


Figura 2. Mapa de localização do Talhão 2 utilizado no experimento e altitude.

Foi realizada a coleta de solo para verificar a sua fertilidade, sendo amostragens realizadas de acordo com os planejamentos da propriedade, e com base nos resultados dessa análise físico-química do solo, conforme a 5ª Aproximação (RIBEIRO et al., 1999), a área foi previamente corrigida com intuito de atingir saturação por base de 70%, sendo que foi aplicado calcário dolomítico com média de 350 kg aplicado em taxa variável. No Quadro 1 é apresentada a análise granulométrica e no Quadro 2 alguns atributos químicos do solo.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen é Aw (Köppen, 1948), predominantemente chuvoso de savana, sendo úmido a subúmido, com precipitação pluviométrica variantes de 1.500 a 1.750 mm anuais e são regulares, com período seco, inferiores há quatro meses, correspondendo à deficiência hídrica de 350 a 500 mm e temperaturas compreendidas entre 23 e 35 °C. Os dados de chuva durante o período de condução do experimento são provenientes da coleta dos dados na própria propriedade (Figura 3).

QUADRO 1. Granulometria do solo da área experimental

Talhão	Argila	Silte	Areia
-----%-----			
0-0,20 m			
Talhão 01	64,32	23,12	12,56
Talhão 02	63,38	13,43	23,19

QUADRO 2. Alguns atributos químicos do solo da área experimental

Químico	pH em água	M.O	P	K	Ca	Mg	CTC total	V%
Talhão 01	6,16	29,38	8,73	3,59	34,20	13,70	83,04	61,86
Talhão 02	6,03	33,34	30,96	9,73	52,39	19,55	18,30	68,69

MO – Matéria orgânica, P - fósforo, K - potássio, Ca - cálcio, Mg – magnésio, CTC – capacidade de troca de cátions a pH 7,0, V – saturação por bases. $g\ dm^{-3}$ = MO; $mmol\ c\ dm^{-3}$ = K, Ca, Mg, e CTC; $mg\ dm^{-3}$ = P.

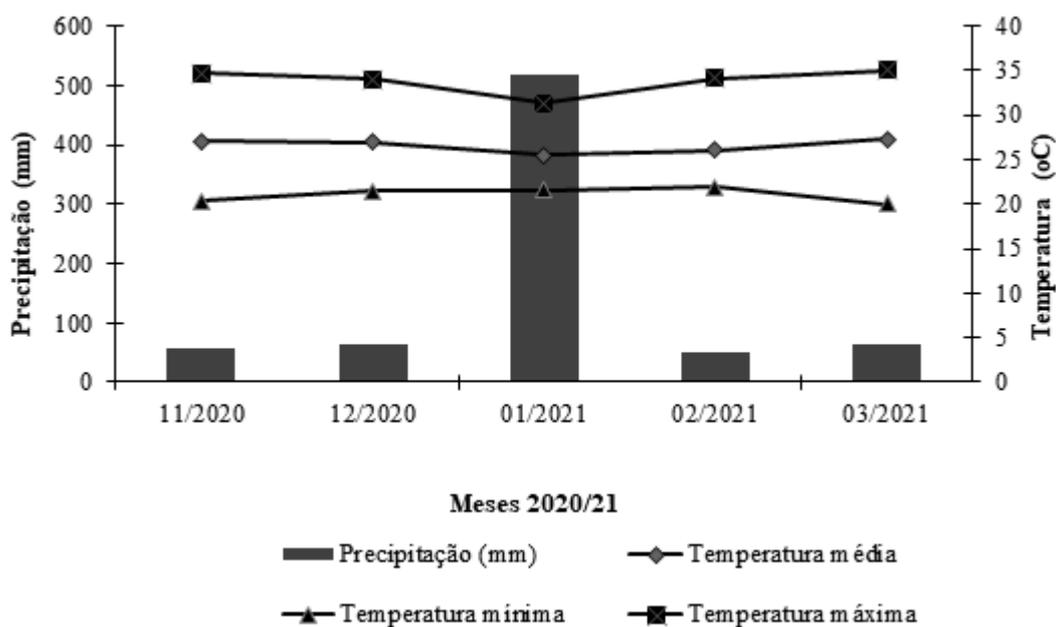


FIGURA 3. Dados de chuva mensais obtidos na propriedade no ano de 2020/21. Dados de temperatura obtidos da Estação Meteorológica de Rio Brilhante - MS (21°50'46"S, 54°32'18"W), sistema Guia Clima da Embrapa (EMBRAPA, 2021)

3.2 Esquema amostral

O experimento foi baseado nos princípios da agricultura de precisão em que se confeccionou uma malha amostral de 82 pontos para cada talhão perfazendo um grid de aproximadamente 1 amostra por hectare (Figuras 04 e 05). Foi gerada uma malha regular e adicionados 20% de pontos aleatórios para melhorar a estimação dos modelos.

Essa grade foi utilizada para a coleta dos dados de estande, distribuição longitudinal, altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem e perdas na colheita.

A implantação da cultura foi por meio do sistema de semeadura direta nos dois talhões, sendo, no Talhão 1 (Figura 4) que é proveniente da semeadura de milho de segunda safra em 2020 e no Talhão 2 (Figura 5) utilizado há dois anos como cobertura vegetal a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

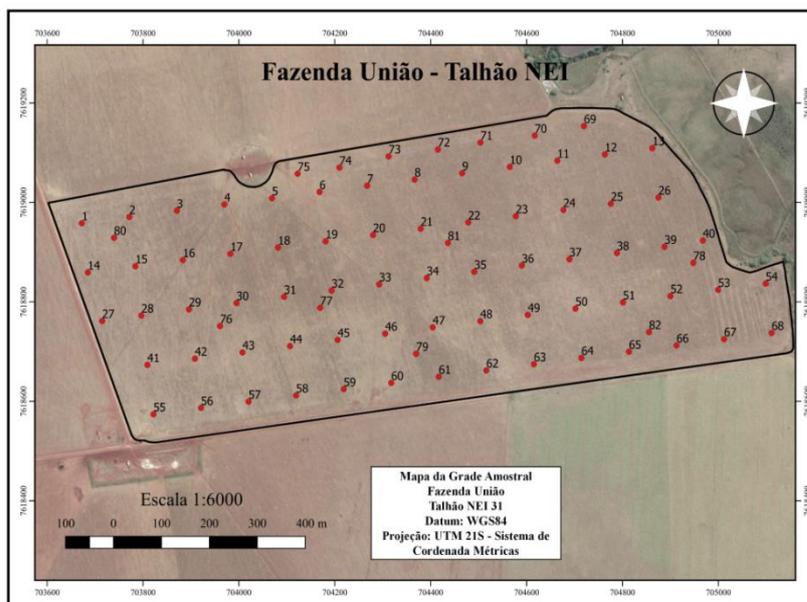


FIGURA 4. Mapa do esquema amostral do Talhão 1 utilizado no experimento.

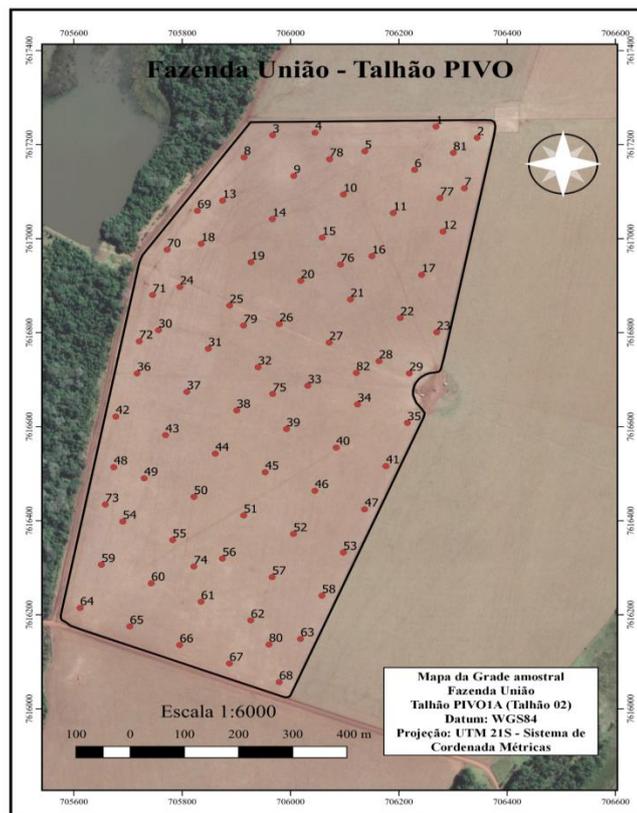


FIGURA 5. Mapa do esquema amostral do Talhão 2 utilizado no experimento.

3.3 Equipamentos e insumos

A área foi previamente dessecada quinze dias antes da semeadura e foram utilizadas sementes de soja cuja variedade é BMX COMPACTA IPRO, desenvolvida pela empresa Brasmex Genética, com ciclo de maturação de 129 dias (variedade de ciclo médio), tendo poder de germinação de 80%, pureza 99% e sobrevivência 90%, sendo a semeadora regulada para uma distribuição de 14,61 sementes por metro (292.200 plantas por ha) em espaçamento de 0,50 m entre linhas, nos dois talhões.

Por meio do controle químico e conforme recomendações agrônômicas, os talhões foram mantidos livres de pragas, doenças e plantas daninhas durante toda a safra.

Os insumos utilizados estão resumidamente descritos no Quadro 3.

QUADRO 3. Descrição dos insumos agrícolas utilizados na semeadura e datas

	Talhão 1	Talhão 2
Variedade	BMX COMPACTA IPRO	BMX COMPACTA IPRO
Data da semeadura	22/11/2020	4/11/2020
População efetiva	224.674 plantas ha ⁻¹	248.130 plantas ha ⁻¹
Emergênciaefetiva	80,24%	88,62%
Adubo (N-P-K)	07-38-00	07-38-00
Dose (kg ha ⁻¹)	200 kg ha ⁻¹	125 kg ha ⁻¹
KCL	150 kg ha ⁻¹	00
Data da colheita	19 e 20/03/2021	09 e 10/03/2021

N-P-K - nitrogênio - fósforo - potássio; KCL - cloreto de potássio.

Os equipamentos utilizados durante a condução do experimento foram:

- Trator 1: marca Case, modelo Magnum com 173 kW(235cv), 1800 rpm.
- Trator 2: marca Case, modelo Magnum com 173 kW(235cv), 1800 rpm.
- Semeadora 1: marca Frankhauser, modelo 5045. Semeadora-adubadora mecânica com 15 linhas, foram utilizados discos de 90 furos e anel liso 3mm.
- Semeadora 2: marca Frankhauser, modelo 5046. Semeadora-adubadora mecânica com 15 linhas, foram utilizados discos de 90 furos e anel liso 3 mm.
- Pulverizador: da marca John Deere, modelo 4730com 36 metros de barra.
- Colhedora 1: marca John Deere, modelo S670. Assistência telemática remota JDLink e sistema GS3 para comando das operações. Fabricação ano de 2012. Plataforma da marca John Deere, modelo 635 FD com 10,7 metros de largura de corte, fabricada no ano de 2014.
- Colhedora 2: da marca John Deere, modelo STS9770. Assistência telemática remota JDLink e sistema GS3 para comando das operações. Fabricação ano de 2013. Plataforma da marca John Deere, modelo 640 FD com 12,2 metros de largura de corte, fabricada no ano de 2015.

3.4 Avaliações

3.4.1 Estande de plantas e distribuição longitudinal

Na avaliação de distribuição longitudinal ou uniformidade de espaçamentos entre plântulas foram realizadas leituras com a utilização de uma trena, em três fileiras de cada parcela, em dois metros de comprimento, medindo a distância entre as plantas. A porcentagem de espaçamentos normais, falhos e duplos foi obtida de acordo com as

normas citada por Kurachi et al. (1989) considerando-se porcentagens de espaçamentos: "duplos" (D): <0,5 vezes o Xref (espaçamento de referência), normais" (A): 0,5<Xref< 1,5, e "falhos" (F): > 1,5 o Xref. Os valores de referência para espaçamento normal, falho e duplo estão apresentados no Quadro 4 obtidos tendo como base o estande efetivo.

QUADRO 4. Descrição dos cálculos de distribuição longitudinal considerando a população obtida após a semeadura (efetiva)

Espaçamento	Xref cm	Normal cm	Falho cm	Duplo cm
Talhão 01 - efetiva	8,90	4,45 a 13,35	$\geq 13,35$	$\leq 4,45$
Talhão 02 - efetiva	8,06	4,03 a 12,09	$\geq 12,09$	$\leq 4,03$

Xref= espaçamento de referência.

3.4.2 NDVI

Os dados espectrais utilizados no estudo corresponderam às imagens do satélite Sentinel 2. O processamento da imagem foi realizado considerando-se as bandas espectrais 4 (Vermelho) e 8 (Infravermelho próximo, NIR) ambas com resolução de 10 m (quando reprojeta para UTM ficou com 9,28 m). O NDVI foi calculado a partir das bandas, conforme descrito na Equação 01.

$$NDVI = \frac{\rho_8 - \rho_4}{\rho_8 + \rho_4} \quad (1)$$

em que,

NDVI- índice de vegetação por diferença normalizada;

ρ_4 - reflectância na banda 4;

ρ_8 - reflectância na banda 8.

Foram utilizadas as imagens, baseadas na data de semeadura, disponibilidade da imagem pelo imageador Sentinel 2 e nuvens sobre a área amostral. O Sentinel 2 fornece imagens a cada 5 dias, que foram obtidas da plataforma "Sentinel Hub". As imagens desta plataforma podem ser do tipo L1C e L2A. A imagem L1C são ortorretificadas, georreferenciadas - Geográficas/WGS84 e com correção de reflectância no topo da atmosfera (TOA – Top-Of-Atmosphere). Na imagem L2A, a partir da imagem L1C é aplicada a correção de Reflectância na Base da Atmosfera (BOA - Bottom-Of-Atmosfera), que é a correção na reflectância da superfície.

Para o trabalho foram utilizadas as imagens do tipo L2A que possuem correções TOA e BOA. Sendo as datas com imagens disponíveis: 03/01/2021 para o Talhão 01 (51 dias após a semeadura) e, 19/12/2020 para o Talhão 02 (45 dias após a semeadura).

3.4.3 Componentes de produção

A altura de plantas foi determinada, medindo-se no centro do ponto 10 plantas, de maneira consecutivas, do solo até o último trifólio, com auxílio de uma trena. Para a altura de inserção da primeira vagem (AIPV) foi determinada medindo-se no centro do ponto 10 plantas, de maneiras consecutivas, pela distância entre o nível do solo e AIPV produtiva, com auxílio de uma trena.

Os dados de produtividade foram obtido das colhedoras que possuíam sensor do tipo placa de impacto e monitor para coleta da massa de grãos colhidos e o coordenado dos pontos. O monitor foi previamente calibrado para a massa de grãos e a umidade. Os valores obtidos foram corrigidos para 13% de umidade obtendo-se a produtividade final.

Dos dados obtidos dos sensores da colhedora informaram que:

- Para o Talhão 01 (Nei) umidade média de 11,74% e a velocidade de deslocamento da colhedora de 5,88 km h⁻¹.
- Para o Talhão 02 (Pivo 1A) umidade média de 9,51% e a velocidade de deslocamento da colhedora é de 5,72 km h⁻¹.

As perdas foram determinadas em cada ponto da amostragem com uma área de 2m², dentro de uma armação retangular, construída com duas barras de PVC e dois cordões de nylon, com 10,5 x 0,019 m, que coincidiu com a largura da plataforma de corte da colhedora. Sendo determinada a perda pré-colheita, perdas totais (após a passada da colhedora) e a perdas da operação de colheita feita pela máquina, dado pela diferença entre a perda total e a perda de pré-colheita.

Durante a colheita mecanizada não foram avaliadas separadamente as perdas na plataforma, na trilha, saca palhas e peneiras, uma vez que se tratou da área de produção comercial, evitando que a colhedora não interrompesse a operação para não interferir na capacidade de campo operacional da máquina.

3.5 Análise dos dados

Os dados foram inicialmente submetidos à análise descritiva para obtenção das medidas de tendência central e dispersão. Para classificar o coeficiente de variação adotaram-se os limites de coeficiente de variação (CV) propostos por Warrick e Nielsen (1980), sendo: $CV < 12\%$ é baixo, $12\% < CV < 60\%$ médio e $CV > 60\%$, é alta variabilidade.

Os dados de estande, distribuição longitudinal, altura de planta, AIPV e perdas foram analisadas pelos métodos geoestatísticos e gerados mapas temáticos por meio do método de Krigagem ordinária. Os dados foram interpolados em uma grade de 9×9 m. Aquelas variáveis onde os dados que não foram possíveis ajustar um modelo de semivariograma, foi interpolado usando o método do inverso do quadrado da distância (IDW, do inglês "*Inverse Distance Weighte*"), sendo assim ajustados por IDW a AIPV e distribuição das perdas totais no talhão 1, distribuição da umidade, produtividade e perdas do processo de colheita para ambos talhões.

Os dados de produtividade obtidos pelos sensores da colhedora foram descarregados do monitor e processados, fazendo a filtragem dos dados em que seretiramos dados com erros de posicionamento, da largura da plataforma, erros de valor muito altos ou baixos; retirada de dados com valores menores que 75% da largura total da plataforma ($< 9,01$ m); retirada de dados com velocidade menor que $1,0 \text{ km h}^{-1}$. Posteriormente os dados foram interpolados utilizando como método IDW em uma grade de aproximadamente de 9×9 m. Foi apresentado o mapa de umidade para melhor compreensão dos dados de produtividade.

Para analisar o grau da dependência espacial, utilizou-se a classificação de Cambardella et al. (1994), em que a dependência espacial forte dos semivariogramas têm um efeito pepita menor ou igual a 25% do patamar, moderada quando está entre 25 e 75% e fraca quando for maior que 75%. Todas as espacializações dos dados desse trabalho foram realizadas no Software livre o QGIS, versão 3.16 5 with GRASS 7.8.5.

Por fim, após a interpolação de todos os dados, eles foram agrupados em matriz única para cada talhão sendo submetidos à matriz de correlação de Pearson.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estande e distribuição longitudinal

Os valores obtidos por meio da estatística descritiva do estande de plantas e da distribuição longitudinal para os espaçamentos normais, falho e duplo para os Talhões 1 e 2, estão apresentados no Quadro 5.

QUADRO 5. Estatística descritiva do estande de plantas e da distribuição longitudinal para os espaçamentos normais, falhos e duplos

Parâmetros	Estande (plantas/m)		Normal (%)		Falho (%)		Duplo (%)	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Média	12,23	13,41	93,26	95,67	6,54	3,59	0,19	0,72
Erro padrão	0,08	0,07	0,66	0,45	0,65	0,44	0,06	0,10
DP ¹	0,77	0,59	6,00	4,04	5,92	4,00	0,53	0,93
Variância	0,59	0,35	36,004	16,34	35,09	16,02	0,28	0,87
CV(%) ²	6,32	4,44	6,43	4,23	90,53	111,23	278,7	128,78
Mínimo	9,17	11,83	66,62	79,89	0	0	0	0
Mediana	12,17	13,5	94,01	97,16	5,92	2,64	0	0
Máximo	13,67	14,5	100	100	33,38	20,11	2,67	3,86
As ³	-1,51	-0,41	-2,1	-1,59	2,18	1,88	2,74	1,11
K ⁴	4,44	-0,26	5,99	3,19	6,55	4,43	6,94	0,67
RJ ⁵	<0,01	>0,10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	>0,10	0,04
	*	ns	*	*	*	*	ns	*

(¹) DP: desvio padrão; (²) CV(%): coeficiente de variação; (³) As: Assimetria; (⁴) k: curtose; (⁵) RJ: Teste de Ryan-Joiner, onde (*) significativo em níveis de $p < 0,05$ e (ns) distribuição não significativa. Quando significativo indica que a hipótese para distribuição normal é rejeitada.

Analisando a estatística descritiva do estande de plantas (Quadro 5), estas apresentam-se com mínima de 9,17 e máxima de 13,67 plantas por metro para o Talhão 1 e quantidade de plantas mínima 11,83 e máxima 14,5 plantas por metro para o Talhão 2. O coeficiente de variação (CV%) é classificado como baixo para ambos os talhões com valores de 6,32 e 4,44, para o Talhão 1 e 2, respectivamente, segundo Warrick e Nielsen (1980). Não ocorre uma distribuição de frequência normal para o Talhão 1, sendo confirmados pelo teste de Ryan Joiner e pelos coeficientes de assimetria (As) e curtose (k) distanciados do valor zero. O que pode ser verificado pelo coeficiente de assimetria deslocado à esquerda ($As < 0$) e o de curtose como distribuição leptocúrtica ($k > 0$) para o Talhão 1.

No estande de plantas observa-se que a média e a mediana encontram-se próximas, bem como baixos valores do coeficiente de variação (CV%), conforme Warrick e Nielsen (1980) (Quadro 5). Entretanto, apesar da baixa variação do coeficiente de variação, este componente tem forte influência no condicionamento da produtividade da cultura, em função da uniformidade da distribuição das plantas ao longo da área de cultivo (SANGOI et al., 2012; VIAN et al., 2016).

Com relação à estatística descritiva da distribuição longitudinal das plantas, para a distribuição normal (Quadro 5), estas apresentam-se com mínima de 66,62% e máxima de 100% para o Talhão 1 e uma porcentagem mínima de 79,89% e máxima 100% para o Talhão 2. O coeficiente de variação (CV%) é classificado como baixo (WARRICK e NIELSEN, 1980) para ambos os talhões com valores de 6,43 e 4,23, para o Talhão 1 e 2, respectivamente. Não ocorre uma distribuição de frequência normal, sendo confirmado pelo teste de Ryan Joiner e pelos coeficientes de assimetria (A_s) e curtose (k) distanciados do valor zero, o que pode ser verificado pelo coeficiente de assimetria deslocado à esquerda ($A_s < 0$) e o de curtose como distribuição leptocúrtica ($k > 0$) para ambos.

Para a distribuição longitudinal do espaçamento falho (Quadro 5), estas apresentam-se com mínima de 0 e máxima de 33,38% para o Talhão 1 e uma porcentagem mínima de 0 e máxima 20,11% para o Talhão 2. O coeficiente de variação (CV%) é classificado como muito alto (WARRICK e NIELSEN, 1980) para ambos os talhões, com valores de 90,53 e 111,23%, para o Talhão 1 e 2, respectivamente. Por meio desse último, é possível concluir que não ocorre uma distribuição de frequência normal, sendo confirmados pelos coeficientes de assimetria (A_s) e curtose (k) distanciados do valor zero, o que pode ser verificado pelo coeficiente de assimetria deslocado à direita ($A_s > 0$) e o de curtose como distribuição leptocúrtica ($k > 0$) para ambos.

Para a distribuição longitudinal do espaçamento duplo (Quadro 5), estas apresentam-se com mínima de 0 e máxima de 2,67% para o Talhão 1 e uma porcentagem mínima 0 e máxima 3,86% para o Talhão 2. O coeficiente de variação (CV%) é classificado como muito alto (WARRICK e NIELSEN, 1980) para ambos os talhões, com valores de 278,7 e 128,78%, para o Talhão 1 e 2, respectivamente. Por meio desse último, é possível concluir que não ocorre uma distribuição de frequência normal para T2, sendo confirmados pelo teste de Ryan Joiner e pelos coeficientes de

assimetria (As) e curtose (k) distanciados do valor zero, o que pode ser verificado pelo coeficiente de assimetria deslocado à direita ($As > 0$) e o de curtose como distribuição leptocúrtica ($k > 0$) para ambos.

Ainda com relação à distribuição longitudinal (Quadro 5), observou-se que para todos os espaçamentos a média e a mediana encontram-se relativamente próximas, essa baixa variabilidade entre espaçamentos é relatada como comum para a semeadura das lavouras de soja, o que quando comparada com a distribuição longitudinal das lavouras de milho o contrário ocorre (SANTOS et al., 2011; ARCOVERDE et al., 2016). A distribuição longitudinal das plantas de soja ao longo da linha de semeadura tem grande influência, já que uma distribuição incorreta favorece o decréscimo na produtividade final.

Com relação aos parâmetros ajustados aos semivariograma da distribuição longitudinal das plantas e estande do Talhão 1 (Quadro 6), o melhor modelo ajustado foi o esférico, dessa maneira é observada por meio do alcance que os modelos apresentaram grau de dependência espacial (GDE) moderada para todas as variáveis (plantas por metro e os espaçamentos falho, normal e duplo), conforme Cambardella et al. (1994) e sendo verificado pelo coeficiente de determinação (R^2) variando de 0,65 a 0,83. A moderada dependência espacial para as variáveis pode ser justificada por possíveis entupimentos de cânulas dos discos de semeadura, o que é uma falha característica de algumas semeadoras (DALACORTE et al., 2017), ou também a morte das plântulas devido a algum fenômeno adverso.

QUADRO 6. Parâmetros ajustados aos semivariograma de número de plantas (Nº de plantas), espaçamento normal, falho e duplo para o Talhão 1

Variáveis	Modelo	C0	C0+C	GDE	Alcance (m)	RMSE	R^2	VC - CA
Nº Plantas	ES	0,32	0,67	47,76	819,48	0,036	0,79	1,10
Falho	ES	16,15	34,33	47,04	637,64	68,43	0,70	0,99
Normal	ES	15,48	33,75	45,87	522,84	106,24	0,65	0,92
Duplo	ES	0,19	0,35	54,28	513,55	0,003	0,83	0,46

ES: modelo esférico; C0: efeito pepita; C0+C: patamar; RMSE – resíduo; VC: Validação cruzada; CA: coeficiente angular da reta. GDE: grau de dependência espacial (%) - $[C0/(C0+C1)] \times 100$

Pode-se observar para a distribuição espacial do estande e longitudinal de plantas do Talhão 1 (Figura 6), que o gradiente de cor verde, indica melhor situação do fenômeno estudado, e quando a coloração vermelha se aproxima, observa-se queda da

variável estudada. Assim, para o estande de plantas a maior parte da área está com 12-13 plantas por metro. Para a distribuição de espaçamentos normal acontece o mesmo tipo de distribuição que o estande com maior parte da área de 95-100% de espaçamentos normais. Essa porcentagem encontrada está bem acima do preconizado para semeadoras mecânicas que é de no mínimo 60% de distribuição normal (Mialhe, 1996). Apenas em uma região a sudeste da área ocorre diminuição dos valores de estande e espaçamento normal e provavelmente é devido ao talhão localizar-se próximo a uma região de área de preservação permanente (APP) com presença de um lago, na qual habita animais silvestres que pisoteou a área causando mortalidade de plantas sendo vistos em monitoramentos da área.

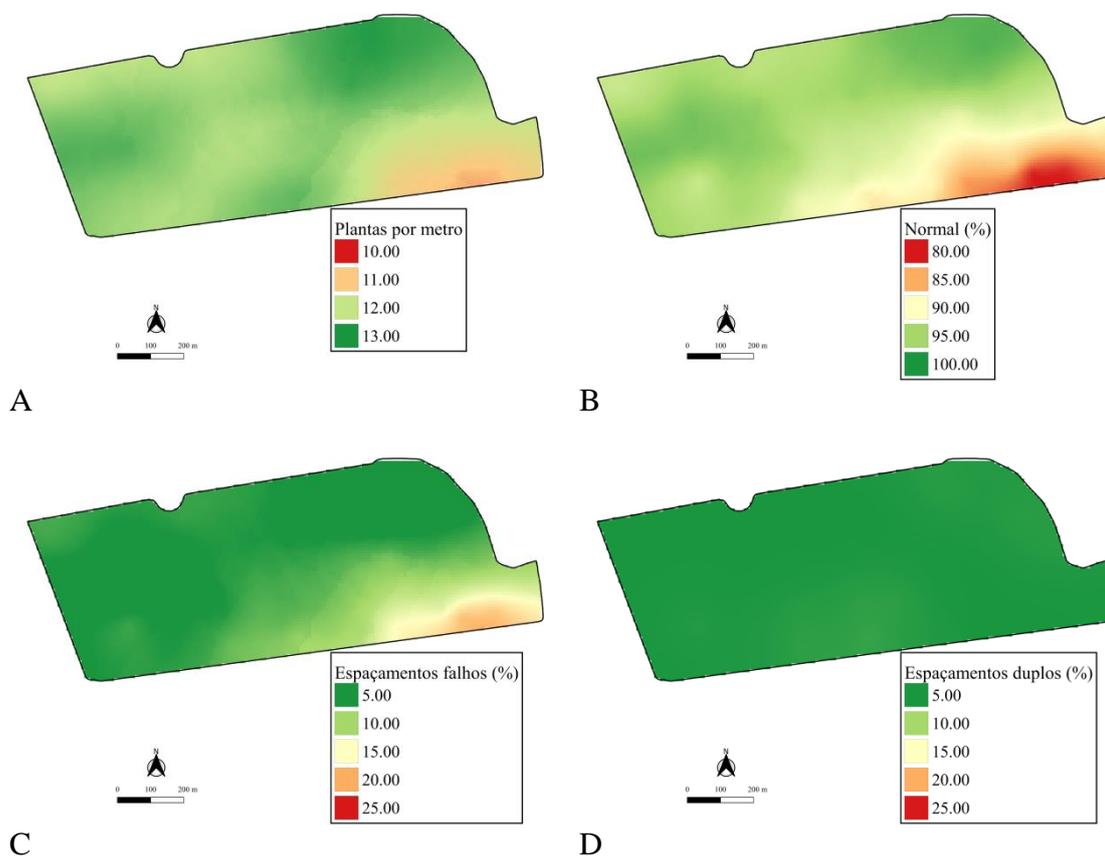


FIGURA 6. Distribuição espacial do estande (A) e distribuição longitudinal para normal (B), falho (C) e duplo (D) do Talhão 1.

Analisando a porcentagem de falha (Figura 6C) ao longo da distribuição das plantas na linha de semeadura, é observada que ocorre uma porcentagem de 5% de falha e indicado uma porcentagem de 15-25% de falha em uma área específica do talhão. Para

a porcentagem de duplos (Figura 6D), é observado no mapa uma regularidade, em que ocorre predominância de 5% de plantas duplas ao longo de todo o talhão.

Com relação aos parâmetros ajustados aos semivariogramas da distribuição longitudinal das plantas do Talhão 2 (Quadro 7), só obteve ajuste para o espaçamento duplo, os demais não tiveram ajustes e a espacialização foi feita por IDW. Isso ocorreu porque não houve dependência espacial para as demais variáveis. O espaçamento duplo apresentou moderado grau de dependência espacial, Cambardella et al. (1994), e sendo acompanhado pelo coeficiente de determinação (R^2) 0,77. A moderada dependência espacial para esta, pode ser justificada pela mortalidade das plântulas devido a algum fenômeno adverso, o que favoreceu o espaçamento duplo.

QUADRO 7 – Parâmetros ajustados aos semivariogramas para espaçamento duplo para o Talhão 2

Variáveis	Modelo	C0	C0+C	GDE	Alcance (m)	RMSE	R^2	VC - CA
Duplo	GAU	0,53	1,38	38,40	1071,16	0,24	0,77	0,46

GAU: modelo gaussiano; C0: efeito pepita; C0+C: patamar; RMSE – resíduo. VC: Validação cruzada; CA: coeficiente angular da reta. GDE: grau de dependência espacial (%) - $[C0/(C0+C1)] \times 100$

Na Figura 7, é possível observar a espacialização do estande e distribuição longitudinal do Talhão 2. Observa-se o maior predomínio de estande de plantas de 12 a 14 plantas por metro com algumas machas alternando-se de 14 a 16 plantas por metro (Figura 7). Para a distribuição normal de plantas verifica-se predominância de 90 a 100% de espaçamentos normais na lavoura e com algumas manchas variando de 90 a 80% de espaçamentos normais ao longo do talhão. Esses valores estão acima do preconizado para uma semeadora mecânica que é de 60% de espaçamentos normais (MIALHE, 1996).

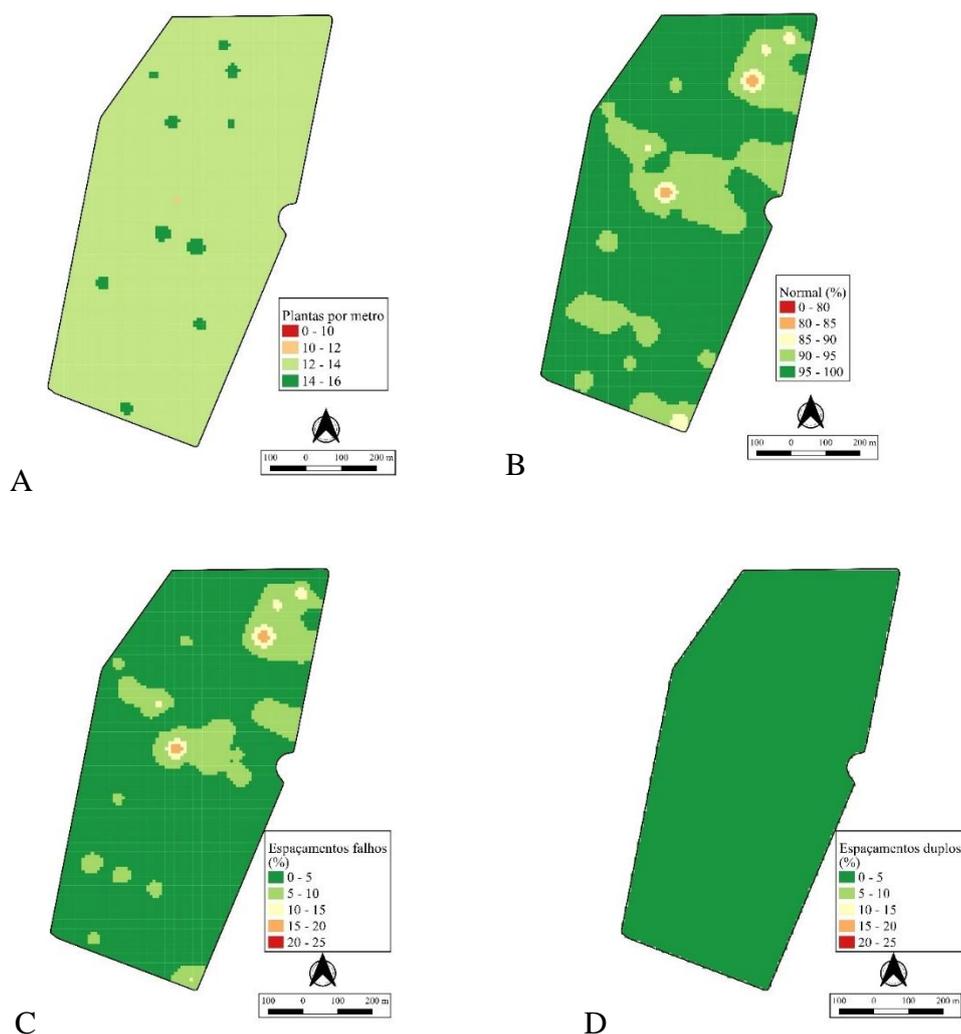


FIGURA 7. Distribuição espacial do estande (A) e distribuição longitudinal para normal (B), falho (C) e duplo (D) do Talhão 2.

Analisando a distribuição do espaçamento falho (Figura 7C), observa-se que existe o predomínio de uma distribuição compreendida de 5% e algumas machas de distribuição variando de 5% a 10% ao longo da área e pequenos pontos chegando a 20%. Já para a distribuição de espaçamento duplo (Figura 7D) é observado o predomínio da área com espaçamento compreendido 0 a 5% ao longo do talhão. As menores oscilações de distribuição do estande e distribuição longitudinal nesse talhão são devidas a essa área ser uma das mais produtivas da propriedade com melhor localização com base em relação ao Talhão 1, havendo menor pisoteio da área por animais silvestres.

Os resultados encontrados nas Figuras 6 e 7, proporcionam subsídios satisfatórios para que ocorra o acompanhamento e monitoramento dos processos de

operação de semeadura, o que irá proporcionar a identificação e o controle dos locais e/ou pontos que promovem o decréscimo do processo agrícola e que irá refletir na produtividade, visando minimizar esses resultados é aconselhável a utilização de disco e/ou anel ideais para a peneira da variedade, analisar a quantidade de grafite utilizado (excesso ou falta), realizar o correto tratamento das sementes, acompanhar na hora da semeadura a posição da semente dentro da linha de semeadura, analisar a umidade do solo se é ideal, observar a abertura e fechamento do sulco (WEIRICH NETO et al., 2015).

4.2 NDVI

Os valores obtidos por meio da estatística descritiva dos dados de NDVI para os Talhões 1 e 2, estão apresentados no Quadro 08. Para o Talhão 1, quanto à dispersão relativa dos dados (CV%), esse apresentou uma média dispersão (WARRICK e NIELSEN, 1980) no dia 03/01/2021 (51 dias após a semeadura). Para o Talhão 2 quanto à dispersão relativa dos dados (CV%), esse apresentou uma baixa dispersão (WARRICK e NIELSEN, 1980) no dia 19/12/2020 (45 dias após a semeadura).

QUADRO 8. Estatística descritiva dos dados de NDVI

Parâmetro	19/12/2020 T2	03/01/2021 T1
Média	0,77	0,66
EP ⁶	0,00	0,00
DP ¹	0,06	0,10
Variância	0,00	0,01
CV(%) ²	8,34	15,53
Mínimo	0,30	0,16
Mediana	0,78	0,67
Máximo	0,88	0,95
As ³	-2,26	-1,02
K ⁴	8,24	1,89
RJ ⁵	<0,01*	<0,01*

(¹) DP: desvio padrão; (²) CV(%): coeficiente de variação; (³) As: Assimetria; (⁴) k: curtose; (⁵) RJ: Teste de Ryan-Joiner, onde (*) significativo em níveis de $p < 0,05$ e (^{ns}) distribuição não significativo. Quando significativo indica que a hipótese para distribuição normal é rejeitada. (⁶) EP: erro padrão;

Como observado, para ambos os talhões não ocorre uma distribuição de frequência normal entre os dados, sendo comprovado pelo teste de Ryan Joiner e

acompanhado pelos coeficientes de assimetria (As) e curtose (k), o que pode ser verificado pelo coeficiente de assimetria deslocado a direita ($As > 0$) e a esquerda ($As < 0$), e de curtose como distribuição leptocúrtica ($k > 0$) e platicúrtica ($k < 0$).

O NDVI para os talhões apresentou alta amplitude de dados variando entre 0,16 e 0,95 (Figura 8). Conforme apresentado por Alvarenga e Moraes (2014), em superfícies com presença de alguma vegetação o valor das leituras do NDVI é positivo, para superfícies sem vegetação o valor apresenta-se como nulo, e para água (chuva ou irrigação) e nuvens o valor, geralmente, é negativo. À medida que ocorre o desenvolvimento da cultura as leituras do NDVI ampliam-se aproximando da coloração verde escuro, indicando que a área encontrava-se em cobertura total de vegetação. Essas informações corroboram com as informações descritas por Ponzoni e Shimabukuro (2012), em que cada pixel apresenta os valores das refletâncias, gerando um mapa que representa a sanidade vegetal, sendo que, em sanidades adequadas apresentará um NDVI próximo de 1 e um solo descoberto terá um NDVI de -1.

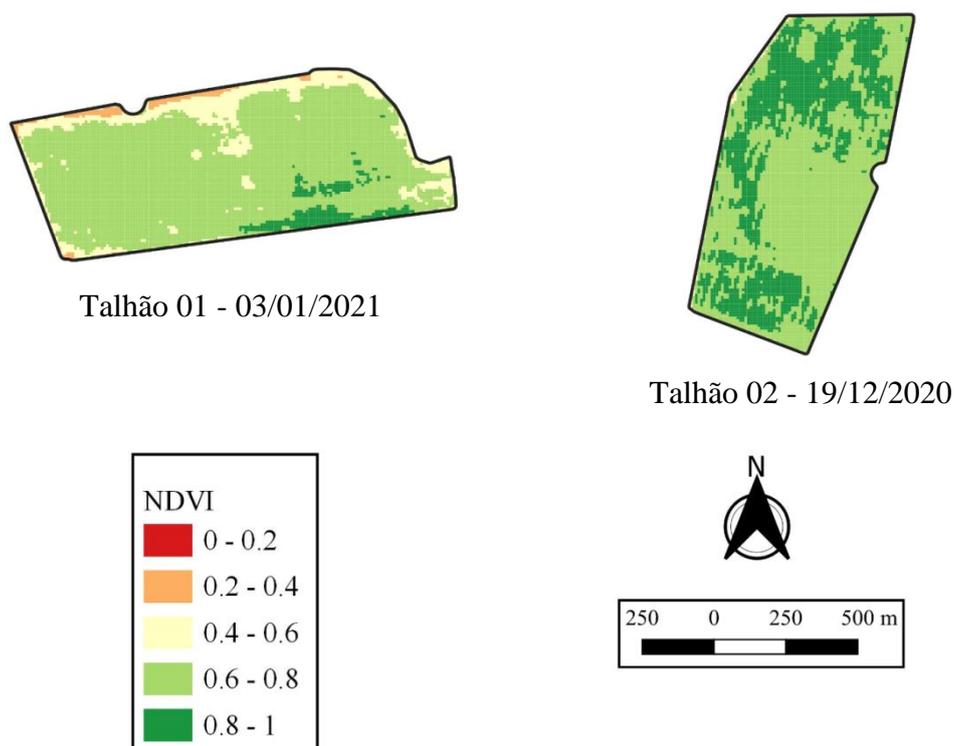


FIGURA 8. Distribuição espacial do NDVI do Talhão 1 e 2, acompanhando a evolução do ciclo da cultura da soja.

Observa-se que T1 apresentou menores valores de NDVI, principalmente nas bordaduras da área, indicando menor presença de plantas devido à região superior e lateral serem regiões que apresentam talhões com presença de bovinos de corte e a área de preservação permanente com animais silvestres que pisotearam a bordadura da área.

Para os Talhões 1 e 2 os resultados do NDVI encontrados corroboram com aos perfis encontrados por Sobrinho e Alves (2012), iniciando com valores de NDVI baixos, atingindo o seu pico no final do estágio vegetativo ou início da maturação, após na fase de senescência os valores de NDVI diminuem até atingirem novamente valores iniciais semelhantes ao do solo exposto ou palhada.

4.3 Componentes de produção e perdas

Após a filtragem dos dados de colheita dos talhões verificou-se um total de 36.560 dados no Talhão 01 e 33.022 dados no Talhão 2. Os valores obtidos da estatística descritiva da altura de plantas (cm), da altura de inserção da primeira vagem (AIPV - cm) e produtividade (kg ha⁻¹) para os Talhões 1 e 2, estão apresentados no Quadro 09.

QUADRO 9. Estatística descritiva da altura de plantas (cm), da altura de inserção da primeira vagem (AIPV - cm) e produtividade (kg ha⁻¹)

Parâmetros	Altura (cm)		AIPV (cm)		Produtividade (kg ha ⁻¹)	
	Talhão 1	Talhão 2	Talhão 1	Talhão 2	Talhão 1	Talhão 02
Média	102,43	127,13	11,40	10,81	2846,2	4402,5
Erro padrão	1,14	1,16	0,06	0,12	4,28	3,45
DP ¹	10,28	10,5	0,58	1,11	818,7	627,8
Variância	105,7	110,34	0,33	1,24	670207,8	394158,0
CV(%) ²	10,04	8,26	5,08	10,3	28,76	14,26
Mínimo	85,17	106,8	10,1	8,2	601,1	601,6
Mediana	106,3	130,7	11,39	10,75	2959,9	4407,8
Máximo	116,4	140,2	12,9	13,37	5654,8	6495,6
As ³	-0,38	-0,56	-0,05	-0,12	-0,52	-1,60
K ⁴	-1,44	-1,28	0,19	-0,2	-0,03	8,55
RJ ⁵	<0,01*	<0,01*	>0,10 ^{ns}	>0,10 ^{ns}	<0,01*	<0,01*

(¹) DP: desvio padrão; (²) CV(%): coeficiente de variação; (³) As: Assimetria; (⁴) k: curtose; (⁵) RJ: Teste de Ryan-Joiner (Similar a Shapiro-Wilk), onde (*) significativo em níveis de p < 0,05 e (^{ns}) distribuição não significativo. Quando significativo indica que a hipótese para distribuição normal é rejeitada.

Analisando a altura de plantas, essas se apresentam com mínima de 85,17cm e máxima de 116,4cm para o Talhão 1 e alturas mínima 106,08cm e máxima 140,2cm para o Talhão 2 (Quadros 09). O coeficiente de variação (CV%) é classificado (WARRICK e NIELSEN, 1980) como médio com valor de 10,04% e baixo com valor de 8,26%, para o Talhão 1 e 2, respectivamente. Não ocorre uma distribuição de frequência normal, sendo confirmado pelo teste de Ryan Joiner e pelos coeficientes de assimetria (As) e curtose (k) distanciados do valor zero, o que pode ser verificado pelo coeficiente de assimetria deslocado à esquerda ($As < 0$) e o de curtose como distribuição platicúrtica ($k < 0$).

Para a altura de inserção da primeira vagem (AIPV), estas se apresentam com mínima de 10,1cm e máxima de 12,9cm para o Talhão 1 e alturas mínima 8,2cm e máxima 13,37cm para o Talhão 2 (Quadros 09). O coeficiente de variação (CV%) é classificado como baixo (WARRICK e NIELSEN, 1980) para o Talhão 1 e 2, respectivamente. Por meio do teste de Ryan Joiner, é possível concluir que ocorre uma distribuição de frequência normal, sendo confirmados pelos coeficientes de assimetria (As) e curtose (k) próximos do valor zero.

Em relação à altura de plantas e a altura de inserção da primeira vagem (AIPV), procura-se obter cultivares com maior altura de plantas (60 a 80 cm) e com menor altura de inserção de primeira vagem (10 a 15 cm), já que existe uma predisposição das plantas com menor altura de inserção da primeira vagem (AIPV) e mais altas apresentarem um número maior de vagens (ZANON et al. 2016). Valendo ressaltar que, a seleção de plantas com altura de inserção de primeira vagem (AIPV) menor que 10 cm e com altura superior a 80 cm, resultará em perdas na colheita mecanizada, além de promover à maior competição entre as plantas por luminosidade, efeito esse descrito como estiolamento das plantas (LIMA et al., 2012).

Para a produtividade observa-se mínima de 601,1 kg ha⁻¹ e máxima de 5654,8 kg ha⁻¹ para o Talhão1 e produtividade mínima 601,6 kg ha⁻¹ e máxima 6495,6 kg ha⁻¹ para o Talhão 2 (Quadros 09). O coeficiente de variação (CV%) é classificado como médio (WARRICK e NIELSEN, 1980), com valor de 28,76% e de 14,26%, para o Talhão 1 e 2, respectivamente. Por meio do teste de Ryan Joiner é possível concluir que não ocorre uma distribuição de frequência normal, e confirmado pelos coeficientes de assimetria (As) e curtose (k) distanciados do valor zero, o que pode ser verificado pelo

coeficiente de assimetria deslocado à esquerda ($As < 0$) e o de curtose como distribuição platicúrtica ($k < 0$) para o Talhão 1 e leptocúrtica ($k > 0$) para o Talhão 2.

Segundo Chioderoli et al. (2012), os incrementos na produtividade da soja são devidos às reduções do espaçamento entre linhas, o que promove o adensamento das plantas de soja e auxilia no controle de plantas daninhas evitando competição. Essa situação pode ser utilizada para explicar a maior produtividade encontrada para o Talhão 2, além do mais às saturações apresentadas por conta da reciclagem da *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu* promovendo maior produtividade. Já para o Talhão 1, o decréscimo da produtividade foi causado pelo excesso de chuva durante a safra e na colheita que teve que ser retardada, sendo esses alguns dos inviabilizadores de números maiores de produtividade nesse talhão.

Com relação aos parâmetros ajustados aos semivariograma da altura das plantas do Talhão 1 (Quadro 10), o melhor modelo ajustado foi o esférico, dessa maneira é observada por meio do alcance que as plântulas apresentaram dependência espacial, sendo moderada, Cambardella et al. (1994), para todas as variáveis (altura de plantas e altura de inserção da primeira vagem (AIPV), sendo observado um coeficiente de determinação (R^2) variando de 0,68 a 0,96 para altura e 0,81 para AIPV. A variável AIPV para T1 não se ajustou a nenhum modelo e foi especializada por IDW.

QUADRO 10. Parâmetros ajustados aos semivariograma da altura das plantas e altura de inserção da primeira vagem (AIPV) para o Talhão 1 (T1) e 2 (T2)

Variáveis	Modelo	C0	C0+C	GDE	Alcance (m)	RMSE	R^2	VC - CA
Altura – T1	ES	45,94	107,30	42,81	383,10	896,30	0,68	1,21
Altura – T2	ES	34,51	115,19	29,96	394,07	85,71	0,96	1,08
AIPV – T2	ES	0,61	1,29	47,28	323,18	0,02	0,81	0,74

ES: modelo esférico; C0: efeito pepita; C0+C: patamar; RMSE – resíduo; VC: Validação cruzada; CA: coeficiente angular da reta. GDE: grau de dependência espacial (%) - $[C0/(C0+C1)] \times 100$.

Na Figura 9 é possível observar a distribuição da altura de plantas do Talhão 1 (T1) e 2 (T2). No Talhão 1, é observado que as plantas mais altas (110,00 cm) encontram-se ao centro do talhão e na região da cabeceira encontram-se as plantas mais baixas (90 a 100 cm). No Talhão 2, Figura 9, é observada que as plantas mais altas (130,00 a >135,00 cm) encontram-se ao centro do talhão, à medida que se distancia da região central é observado que as plantas diminuem de tamanho gradativamente, sendo

que na região da cabeceira se encontra as plantas mais baixas (<125cm). Isso ocorre devido às regiões centrais serem áreas menos pisoteadas quando comparadas com a bordadura, isso inviabiliza o crescimento das plantas presentes na bordadura dos talhões.

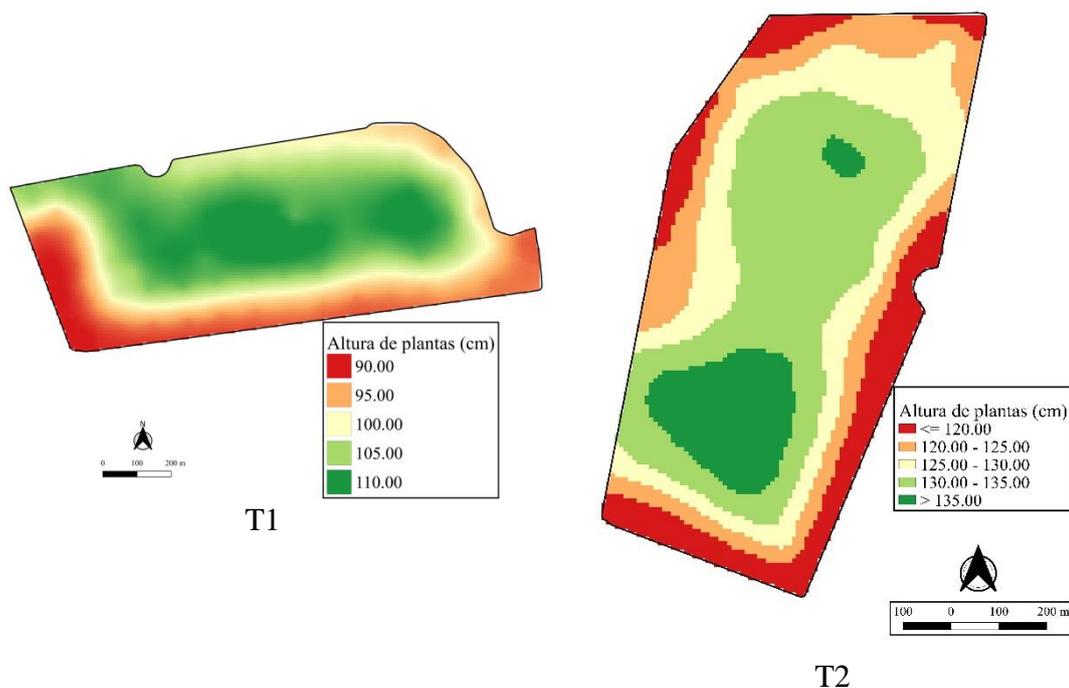


FIGURA 9. Distribuição espacial da altura de plantas do Talhão 1 (T1) e Talhão 2 (T2) por Krigagem.

Na Figura 10, é possível observar a altura de inserção da 1ª vagem, para o Talhão 1 e verifica-se predomínio de uma AIPV compreendida entre 11 e 12 cm de altura, com algumas machas de plantas com alturas de 10 a 13 cm. Para o Talhão 2, observa-se uma distribuição de AIPV dominante compreendidas entre 10 e 12 cm, e algumas machas com plantas com AIPV menores que 10 cm e uma mancha com plantas com AIPV com alturas de 12 a 13 cm, podendo ser explicado devido ao período de iluminação que as plantas de cada talhão ficaram expostas em seus períodos de emergência e vegetativo, influenciando com que as plantas a entrarem em estado reprodutivo mais rapidamente, fazendo com que a AIPV fossem menor.

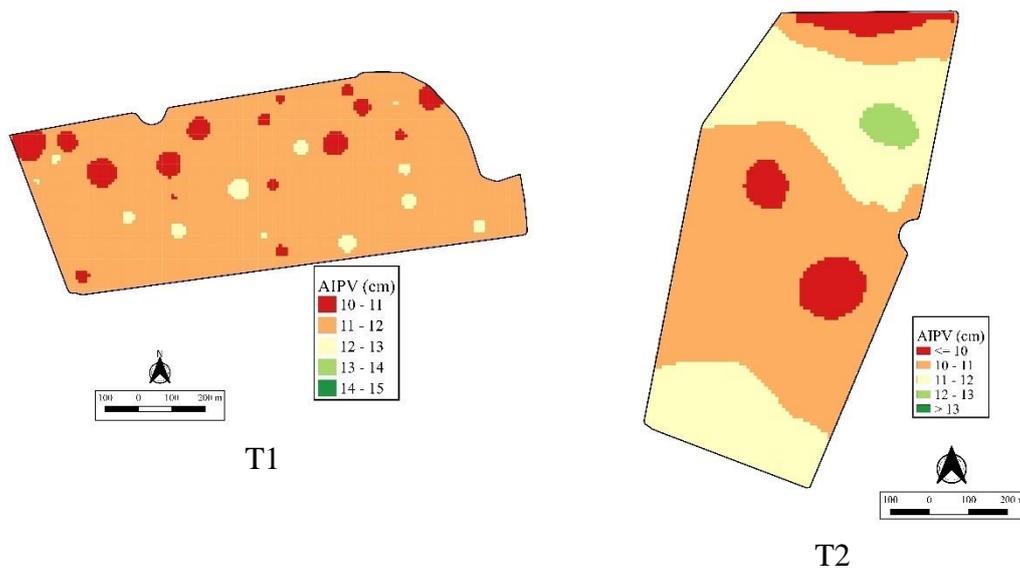


FIGURA 10. Distribuição espacial da altura de inserção da primeira vagem (AIPV) do Talhão 1 (T1 - IDW) e 2 (T2-Krigagem).

Na Figura 11, é possível observar a distribuição da umidade e produtividade no Talhão 1 (T1) e 2 (T2) cuja espacialização foi com o IDW. No talhão T1, para a umidade é observado que ocorre umidades oscilando entre 8 e 15% e produtividade variando dos 2400 a 3000 kg ha⁻¹. Para o talhão T2 ocorre umidade predominante na casa de 8 a 13% e produtividade 3000 a 5834 kg ha⁻¹.

A maior produtividade para o Talhão 2 pode ser explicada devido à área ter uma melhor localização na propriedade, além de apresentar melhores características agrônômicas que o Talhão 1, sendo também explicado devido às saturações apresentadas por conta da reciclagem da braquiária, favorecendo os números da produtividade. Já para o Talhão 1, o decréscimo da produtividade foi causado pelo excesso de chuva durante a colheita que teve que ser retardada.

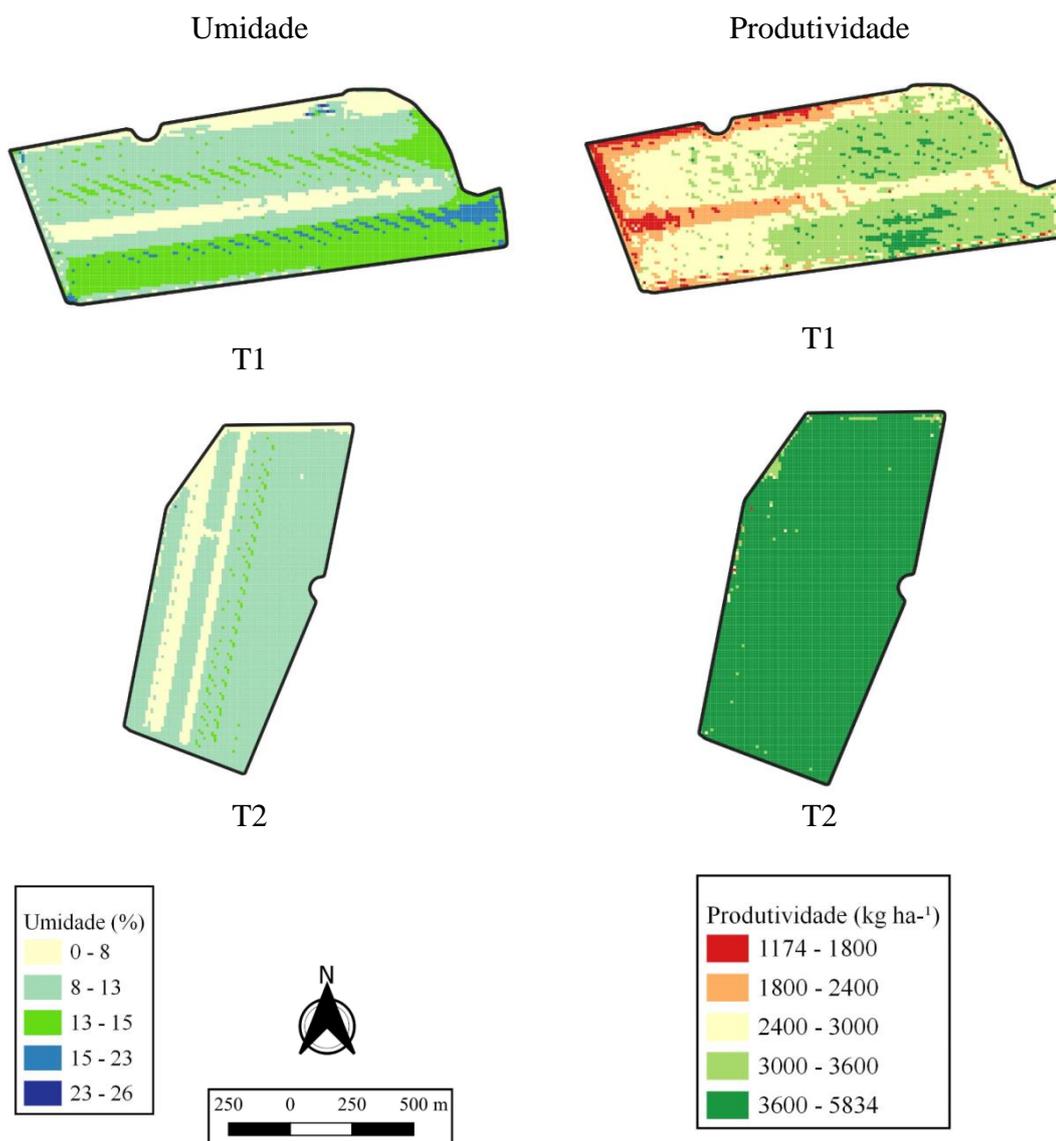


FIGURA 11. Distribuição espacial da umidade e produtividade no Talhão 1 (T1) e 2 (T2).

Os valores das perdas na colheita (kg ha⁻¹) estão apresentados no Quadro 11. Analisando as perdas de pré-colheita, essas se apresentam com mínima de zero e máxima de 455 kg ha⁻¹ para o Talhão 1 e perdas mínima zero e máxima 425 kg ha⁻¹ para o Talhão 2. As perdas na pré-colheita ocorrem devido principalmente à deiscência das vagens devido ao retardamento da colheita e germinação de grãos em vagens.

QUADRO 11. Estatística descritiva das perdas na colheita (kg ha⁻¹)

Parâmetro	Perdas Pré-colheita		Perdas Totais		Perdas da Máquina	
	Talhão 01	Talhão 02	Talhão 01	Talhão 02	Talhão 01	Talhão 02
Média	160,40	131,65	606,50	481,46	446,10	349,80
Erro padrão	13,10	9,89	38,40	8,78	34,50	12,10
DP ¹	118,90	89,59	347,70	79,48	312,70	109,70
Variância	14139,4	8026,58	120922,5	6316,97	97792	12036,70
CV(%) ²	74,15	68,05	57,34	16,51	70,1	31,36
Mínimo	0	0	110	265	65	80
Mediana	117,5	130	547,5	487,5	380	335
Máximo	455	425	2685	740	2290	675
As ³	1,01	0,74	2,84	0,04	2,74	0,22
K ⁴	-0,04	1,14	14,83	1,89	13,88	0,62
RJ ⁵	<0,01*	0,02*	<0,01*	<0,01*	<0,01*	>0,10 ^{ns}

(¹) DP: desvio padrão; (²) CV(%): coeficiente de variação; (³) As: Assimetria; (⁴) k: curtose; (⁵) RJ: Teste de Ryan-Joiner, onde (*) significativo em níveis de p < 0,05 e (^{ns}) distribuição não significativo. Quando significativo indica que a hipótese para distribuição normal é rejeitada.

Corroborando com as pesquisas, Toledo et al. (2008) afirma que as perdas de grãos na pré-colheita podem ocorrer devido à semeadura inadequada, escolha errada da cultivar, deiscência das vagens, mau desenvolvimento da cultura e ocorrência de plantas daninhas. Outro fator de suma importância a ser considerado é a pontualidade na colheita, na qual podem se ocorrer atrasos, principalmente devido às incertezas climáticas, o que favorecem as perdas naturais (BORGES et al., 2006).

O coeficiente de variação (CV%) é classificado como alto (WARRICK e NIELSEN, 1980) para ambos os talhões com valores de 74,15% e 68,05%, para o Talhão 1 e 2, respectivamente. É possível concluir que não ocorre uma distribuição de frequência normal, confirmado pelo teste de Ryan Joiner e sendo confirmados pelos coeficientes de assimetria (As) e curtose (k) distanciados do valor zero, o que pode ser verificado pelo coeficiente de assimetria deslocado à direita (As >0) e o de curtose como distribuição platicúrtica (k < 0) para o Talhão 1 e leptocúrtica (k > 0) para o Talhão 2.

Analisando as perdas pós-colheita da máquina – perdas totais (Quadro 11), essas se apresentam com mínima de 110 kg ha⁻¹ e máxima de 2685 kg ha⁻¹ para o Talhão 1 e perdas mínima 265 kg ha⁻¹ e máxima 740 kg ha⁻¹ para o Talhão 2. As perdas na colheita tiveram resultados muito significativos sendo provenientes de algumas adversidades

climáticas e falta de acompanhamento tanto da semeadura como da colheita, e principalmente da falta de regulação dos maquinários. Não corroborando com os dados encontrados por Camolese et al. (2015) e Pinheiro e Pinheiro (2012), que registraram perdas na colhedora de 87,50% (perdas máximas em 67,86 kg ha⁻¹) na cultura de soja.

O coeficiente de variação (CV%) é classificado como médio (WARRICK e NIELSEN, 1980) com valor de 57,34% e de 16,51%, para o Talhão 1 e 2, respectivamente. Assim, é possível concluir que não ocorre uma distribuição de frequência normal, confirmado pelo teste de Ryan Joiner, sendo também confirmados pelos coeficientes de assimetria (As) e curtose (k) distanciados do valor zero, o que pode ser verificado pelo coeficiente de assimetria deslocado à direita (As > 0) e o de curtose como distribuição leptocúrtica (k > 0) para ambos os talhões.

Por meio das análises de perdas da máquina (Quadro 11), obtido da diferença entre a perda total menos a perda de pré-colheita, essas apresentam-se com mínima de 65 kg ha⁻¹ e máxima de 2290 kg ha⁻¹ para o Talhão 1 e perdas mínima 80 kg ha⁻¹ e máxima 675 kg ha⁻¹ para o Talhão 2. As perdas da máquina foram advindas diretamente da má regulação da colhedora, como por exemplo, velocidade do molinete, altura de corte da plataforma da colhedora, rotação do cilindro trilhador, abertura entre cilindro e côncavo e velocidade de deslocamento da máquina.

Os resultados desse trabalho não corroboram com os realizados por Cavalheiro et al. (2015), na qual avaliaram as perdas de grãos na cultura de soja em duas propriedades agrícolas, registraram perdas de 89,0 kg ha⁻¹ a 87,0 kg ha⁻¹. Viola et al. (2015) fizeram um levantamento das perdas na colheita de soja, em que as perdas médias ficaram em 58,2 e 69,3 kg ha⁻¹. E Zandonadi et al. (2015) determinaram as perdas na colheita de soja registraram valores de 70,0 kg ha⁻¹.

O coeficiente de variação (CV%), para as perdas da máquina, é classificado como alto e médio (WARRICK e NIELSEN, 1980) para os talhões com valores de 70,1% e 31,36%, para o Talhão 1 e 2, respectivamente. Não ocorre uma distribuição de frequência normal para o Talhão 1 confirmado pelo teste de Ryan Joiner, e também pelos coeficientes de assimetria (As) e curtose (k) distanciados do valor zero, o que pode ser verificado pelo coeficiente de assimetria deslocado à direita (As > 0) e o de curtose como distribuição leptocúrtica (k > 0).

As perdas na colheita resultam em redução do lucro do produtor, todavia existem limites aceitáveis, sendo que para a cultura da soja 60 kg ha⁻¹ valores

superiores, resultam em perdas financeiras significativas para o produtor (EMBRAPA, 2012). Como visto anteriormente, as perdas de grãos de soja podem ocorrer tanto na pré-colheita como durante a colheita.

Com relação aos parâmetros ajustados aos semivariograma das perdas de pré-colheita (PP) e total (PT) para o Talhão 1 (T1) e 2 (T2) (Quadro 12), o melhor modelo ajustado foi o esférico, dessa maneira é observada por meio do grau de dependência espacial, um ajustemoderado para asperdas de pré-colheita e fraca para a perda total no T2. O coeficiente de determinação (R^2) variou de 0,61 a 0,80 para PP e de 0,53 para PT.

QUADRO 12. Parâmetros ajustados aos semivariograma das perdas de pré-colheita, total para o Talhão 1 (T1) e 2 (T2)

Variáveis	Modelo	C0	C0+C	GDE	Alcance (m)	RMSE	R^2	VC - CA
PP – T1	ES	9411,20	14634,79	64,30	327,87	1589315	0,80	0,73
PP – T2	ES	6568,64	8836,62	74,09	969,95	2662023	0,61	0,53
PT – T2	ES	5973,55	6452,94	92,51	305,29	31262,28	0,53	0,67

PP: perdas pré-colheita; ES: modelo esférico; C0: efeito pepita; C0+C: patamar; RMSE – resíduo; VC: Validação cruzada; CA: coeficiente angular da reta. GDE: grau de dependência espacial (%) - $[C0/(C0+C1)] \times 100$.

Na Figura 12, é possível observar as perdas na pré-colheita (Krigagem) para o talhão 1 (T1) e 2 (T2). As perdas de grãos na pré-colheita com maior representatividade foram de 6300kg ha^{-1} para ambos os talhões, com algumas manchas de perdas também significativas para T1 de ordem 240 a 300kg ha^{-1} . Segundo Diniz et al. (2013b) e Xavier et al. (2015), essas perdas além causar decréscimo na produtividade, com o atraso da colheita tem-se o processo de deterioração da qualidade fisiológica das sementes acelerado, resultando em perdas significativas de produtividade. Em consequência ao atraso da colheita, essa é influenciada pela precipitação após o estágio R8, pelas características genéticas da cultivar, deiscência das vagens e em alguns casos como no Talhão 1 (T1), ocorre a germinação do grão na vagem.

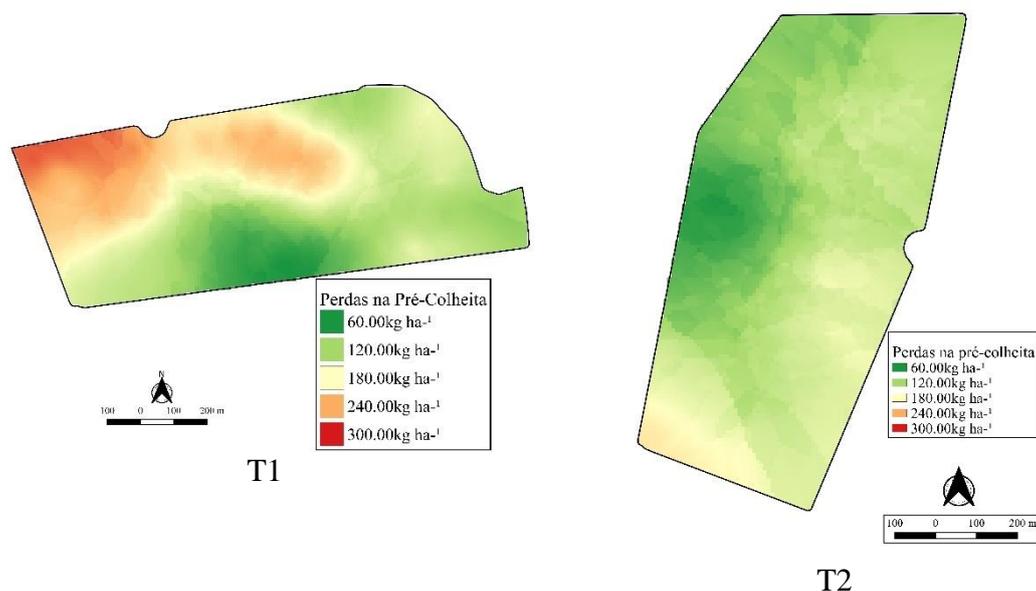


FIGURA 12. Distribuição espacial das perdas de pré-colheita no Talhão 1 (T1) e 2 (T2), Krigagem.

Na Figura 13, é possível observar os mapas de perdas totais (Krigagem) para o Talhão 1 (T1) e 2 (T2). As perdas de grãos é uma evidência que gera grandes prejuízos para os agricultores, entretanto, muitos não se atentam a este fator de suma importância, uma vez que, ocasionam reduções na produtividade. Verifica-se perda acentuada no Talhão 1, que considerando a sua área de aproximadamente 70 ha ocorre perda de 42.610,7 Mg (42,6 toneladas). Considerando o preço da soja (cotação da saca de soja de 60 kg à R\$ 167,63 em 05/09/21 e dólar a \$5,17) teve-se uma perda nesse talhão de R\$119.047,19.No Talhão 2, considerando a sua área de aproximadamente 62,91ha ocorre perda de 30.430,30 Mg (30,43 toneladas). Considerando o preço da soja (cotação da saca de soja de 60 kg à R\$ 167,63 em 05/09/21 e dólar a \$5,17) teve-se uma perda nesse talhão de R\$85.016,34. Assim, as perdas na colheita nesses dois talhões acumularam prejuízo de R\$204.063,53.

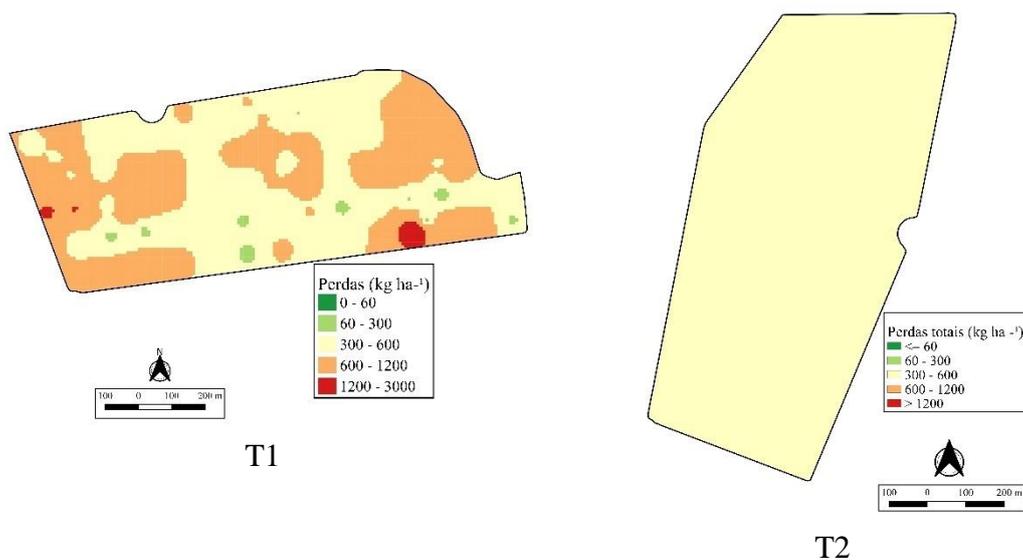


Figura 13. Distribuição espacial das perdas totais no Talhão 1 (T1 - IDW) e 2 (T2-Krigagem).

Na Figura 14, é possível observar os mapas de perdas da máquina ou processo de colheita para o Talhão 1 (T1) e 2 (T2). As perdas de grãos causadas por este processo resultam em grandes prejuízos para os agricultores, pois ocasionam reduções na produtividade. Verifica-se perda acentuada no Talhão 1, que considerando a sua área de aproximadamente 70 ha ocorre perda de 31.227 Mg (31,2 toneladas). Considerando o preço da soja (cotação da saca de soja de 60 kg à R\$ 167,63 em 05/09/21 e dólar a \$5,17) teve-se uma perda nesse talhão de R\$87167,60. No Talhão 2, considerando a sua área de aproximadamente 62,91 ha ocorre perda de 22.005,92 Mg (22,01 toneladas). Considerando o preço da soja (cotação da saca de soja de 60 kg à R\$ 167,63 em 05/09/21 e dólar a \$5,17) teve-se uma perda nesse talhão de R\$61492,27. Assim, as perdas da máquina na colheita nesses dois talhões acumularam prejuízo de R\$148.659,87.

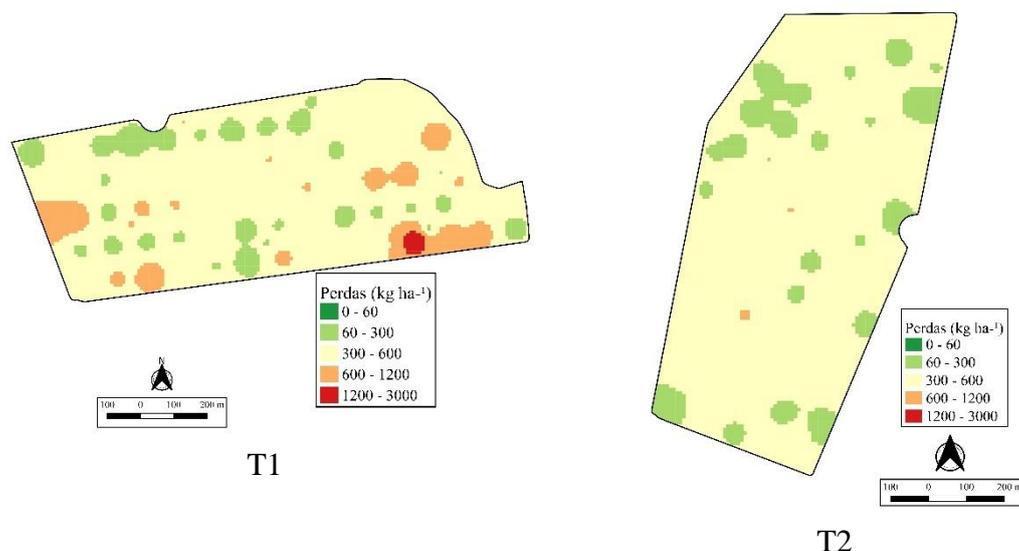


FIGURA 14. Distribuição espacial das perdas da máquina durante o processo de colheita no Talhão 1 (T1) e 2 (T2) por IDW.

4.4 Matriz de correlação

Observando os resultados da análise de correlação de Pearson (Quadro 13), nota-se que para o Talhão 1 (T1) existe uma correlação direta entre as variáveis umidade e produtividade, ocorrendo o mesmo para as variáveis NDVI e umidade, ou seja, essa correlação indica que existe uma moderada influência de uma variável sobre a outra. Analisando as variáveis espaçamento normal e estande é observada uma correlação forte, indicando que a medida que temos uma distribuição de plantas em espaçamento normal ocorre o aumento do estande de plantas, sendo portanto determinada como uma correlação direta.

Para as variáveis espaçamento falho e estande, espaçamento falho e normal, perdas de pré-colheita (PP) e espaçamento duplo para o mesmo talhão, é observada uma correlação negativa para ambos, indicando que à medida que temos o aumento de uma variável a outra diminui, sendo, portanto, determinado como uma correlação inversa. Para as variáveis perdas da máquina ou processo de colheita (PMAQ) e perdas totais, é observada uma correlação muito forte, ou seja, são variáveis diretamente correlacionadas, sendo, portanto, verificado que à medida que se aumentam as perdas da

máquina ou processo de colheita (PMAQ) temos o aumento das perdas totais, ficando conhecida como uma correlação direta.

Os resultados observados da análise de correlação de Pearson (Quadro 13), para o Talhão 2 (T2), verifica-se para as variáveis espaçamento normal e estande uma correlação forte e direta, indicando que à medida que temos uma distribuição de plantas em espaçamento normal ocorre o aumento do estande de plantas. Já para as variáveis espaçamento falho e estande, é observada uma correlação negativa para ambos, indicando que à medida que temos o aumento do espaçamento falho ocorre a diminuição do estande, sendo, portanto, determinado como uma correlação inversa.

Analisando os dados do mesmo talhão, para as variáveis perdas na pré-colheita (PP) e espaçamento duplo, perdas totais e espaçamento duplo, e perdas na pré-colheita (PP) e perdas totais (PT), verifica-se que a correlação existente é uma correlação forte, indicando que à medida que ocorre o aumento do espaçamento duplo temos o aumento das perdas na pré-colheita o que propicia diretamente o aumento das perdas totais, sendo, portanto, determinada como uma correlação direta.

QUADRO 13 – Correlação de Pearson para as variáveis analisadas do Talhão 1 (T1) e 2 (T2).

T1	PROD	UMD	NDVI	Estande	Normal	Falho	Duplo	Altura	AIPV	PP	PT
UMD	0,590										
NDVI	0,478	0,287									
Estande	-0,145	-0,320	-0,211								
Normal	-0,339	-0,378	-0,332	0,878							
Falho	0,335	0,378	0,331	-0,896	-0,997						
Duplo	0,217	0,096	0,145	0,293	-0,033	-0,026					
Altura	0,154	-0,230	0,106	0,180	0,312	-0,298	-0,202				
AIPV	0,156	0,006	0,247	-0,319	-0,332	0,336	-0,010	-0,004			
PP	-0,390	-0,208	-0,350	0,202	0,454	-0,417	-0,714	0,264	-0,286		
PT	-0,109	-0,044	0,050	-0,141	-0,064	0,078	-0,261	-0,175	-0,000	0,263	
PMAQ	0,007 ^{ns}	0,019 ^{ns}	0,152	-0,212	-0,206	0,212	-0,065	-0,286	0,118	-0,056	0,926
T2	PROD	UMD	NDVI	Estande	Normal	Falho	Duplo	Altura	AIPV	PP	P
UMD	0,136										
NDVI	0,133	-0,086									
Estande	0,047	0,141	-0,141								
Normal	-0,092	-0,120	-0,035	0,566							
Falho	0,058	0,073	0,072	-0,640	-0,965						
Duplo	0,205	0,187	-0,113	0,216	0,017	-0,183					
Altura	0,138	0,028	0,251	0,063	-0,079	0,039	0,188				
AIPV	0,000 ^{ns}	0,051	0,356	-0,137	-0,090	0,081	0,051	-0,005 ^{ns}			
PP	0,108	0,379	-0,200	0,083	-0,125	0,033	0,538	-0,116	0,282		
PT	0,175	0,160	-0,175	0,082	-0,068	-0,059	0,694	0,274	-0,169	0,505	
PMAQ	-0,023	-0,159	-0,100	0,008 ^{ns}	-0,041	-0,020 ^{ns}	0,048	0,209	-0,277	-0,321	0,247

^{ns}: não significativo a 5% de probabilidade. PROD: produtividade; UMD: umidade; NDVI: índice de vegetação por diferença normalizada; AIPV: altura de inserção da primeira vagem; PP: perdas pré-colheita; PT: perdas totais; PMAQ: perdas da máquina ou processo de colheita.

5 CONCLUSÕES

A variabilidade espacial da produtividade da soja é confirmada em ambos os talhões, sendo acompanhada pelo estande de plantas, distribuição longitudinal, NDVI altura e altura de inserção da primeira vagem.

As perdas dos grãos de soja ocorrem tanto em pré-colheita como no processo de colheita, sendo as maiores perdas advindas da máquina.

As perdas totais estiveram acima do limite aceitável (60 kg ha^{-1}) para uma colheita eficiente, gerando redução de receita para o produtor considerando as duas áreas avaliadas.

6 REFERÊNCIAS

ACOSTA, J. J. B.; CABRERA, M. G.; IBRAS, R. F.; GONZÁLEZ, J. D.; CHAMORRO, S. M.; ESCOBAR, J. **Variabilidade espacial da produtividade, perdas na colheita e lucratividade da cultura de soja.** Revista Agrogeoambiental, v. 10, n. 1, p. 1- 20, março. 2018.

AGUILA, L. S. H.; AGUILA, J. A.; THEISEN, G. **Perdas na colheita da cultura da soja.** Comunicado Técnico, n. 271, p. 1-12, dez. 2011.

ALVARENGA, A.S; MORAES, M.F. **Utilização de imagens LANDSAT-8 para caracterização da cobertura vegetal.** Disponível em: <http://mundogeo.com/blog/2014/06/10/processamentodigital-de-imagens-landsat-8-para-obtencao-dos-indices-de-vegetacao-ndvi-e-savi-visando-acaracterizacao-da-cobertura-vegetal-no-municipio-de-nova-lima-mg/> . Acesso em: 11 de maio de 2021.

ARCOVERDE, S.N.S.; SOUZA, C.A.A.; CORTEZ, J.W.; GUAZINA, R.A.; MACIAK, P.A.M. Qualidade do processo de semeadura da cultura do milho de segunda safra. **Engenharia na agricultura**, v.24, n.5, p.383-392, 2016.

BALBINOTJUNIOR, A.A.; PROCÓPIO, S.O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C.; PANISON, F. **Semeadura cruzada em cultivares de soja com tipo de crescimento determinado.** Semina: Ciências Agrárias, v.36, p.1215- 1226, 2015.

BEZERRA, A. R. G. et al. Importância econômica. In: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. (Org.). **Soja: do plantio à colheita.** Viçosa: Editora UFV, 2015.

BOARD, J. **Light interception efficiency and light quality affect yield compensation of soybean at low plant population.** Crop Science, Madison, v. 40, n. 5, p. 1285- 1294, 2000.

BORGES, J. O.; MACIEL, A. J. S.; MILAN, M. Programa computacional para o dimensionamento de colhedoras considerando a pontualidade na colheita. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26,n. 1, p. 131-141, jan./abr., 2006. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/eagri/v26n1/30104.pdf>>. Acesso em: 21 dezembro. 2021.

BRAGACHINI, M.; PEIRETTI, J.; SANCHEZ, F.; USTARROZ, F.; GIORDANO, J.; M. **Cosecha de soja com valor agregado em origen.**Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Proyecto de Eficiencia de Cosecha y Postcosecha de Granos - INTAPRECOP. Actualizacion técnica n. 77, p. 30. Manfredi Mayo 2013.

CAMBARDELLA, C.A. et al. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994.

CAMOLESE, H. S.; BAIO, F. H. R.; ALVES, C. Z. Perdas quantitativas e qualitativas de colhedoras com trilha radial e axial em função da umidade do grão. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 9, n. 1, p. 21-29, 2015.

CAVALHEIRO, G. A.; WUNSCH, C. A.; GANASCINI, D.; RENOSTO, L.; GURGACZ, F. Perda de grãos na colheita mecanizada das culturas de soja e milho. In: I ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, TECNOLÓGICA E INOVAÇÃO, 2015, Cascavel. **Anais...** Cascavel (PR), 2015. p. 1-4. Disponível em: <<https://www5.unioeste.br/eventos/eaicti/eaictiAnais/.../10029.doc>>. Acesso em: 25 dezembro.2021.

CBAP- COMISSÃO BRASILEIRA DE AGRICULTURA DE PRECISÃO. *Agricultura de Precisão*, 2019.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 6 Safra 2018/19. Décimo primeiro levantamento, Brasília. 104p.

CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, VII, 2018, Goiânia – GO. **NDVI e imagem termal obtidos por vant aplicados ao monitoramento da condição hídrica da cultura da soja**. Sessão de Fisiologia Vegetal, Agrometeorologia e Práticas Culturais: Embrapa Soja, 2018.

CORTEZ, J. W. **Densidades de semeadura da soja em profundidade de posição de adubo no sistema plantio direto**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 87 p., 2007.

COOPERATIVE EXTENSION SERVICE AMES. **How a soybean plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1994. 20 p.

COX, W. J.; CHERNEY, J. H. Growth and yield responses of soybean to row spacing and seeding rate. **Agronomy Journal**, v. 103, n. 1, p. 123-128, 2011.

COX, W. J.; CHERNEY, J. H.; SHIELDS, E. Soybeans compensate at low seeding rate but not at high thinning rates. **Agronomy Journal**, v. 102, n. 4, p. 1238-1243, 2010.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO L. M. M.; GRIGOLLI, P. J.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, J. O. R.; CESARIN, A. L. Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e braquiária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.16, n.1, p.37–43, 2012.

CHIODEROLI, C. A.; SILVA, R. P.; NORONHA, R.H. F.; CASSIA, M. T.; SANTOS, E. P. Perdas de grãos e distribuição de palha na colheita mecanizada de soja. **Bragantia**, v. 71, n. 1, p. 112-121, 2012.

CRUSIOL, L. G. T.; CARVALHO, J. de F. C.; SIBALDELLI, R. N. R.; NEIVERTH, W.; RIO, A. do; FERREIRA, L. C.; PROCÓPIO, S. de O.; MERTZ-HENNING, L. M.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B. NDVI variation according to the time of measurement, sampling size, positioning of sensor and water regime in different soybean cultivars. **Precision Agriculture**, v. 18, p. 470-490, 2017.

DALACORTE, R.; STEVAN, S. L. Gestão da distribuição agrícola de sementes e fertilizantes: Técnicas e tecnologias para redução de falhas de distribuição. **Espacios**, v. 38, n.39, p. 32, 2017.

DE LUCA, M. J.; HUNGRIA, M. Plant densities and modulation of symbiotic nitrogen fixation in soybean. **Scientia Agricola**, v.71, p.181- 187, 2014.

DINIZ, F.O.; REIS, M.S.; DIAS, L.A. dos S.; ARAÚJO, E.F.; SEDIYAMA, T.; SEDIYAMA, C.A. Physiological quality of soybean seeds of cultivars submitted to harvesting delay and its association with seedling emergence in the field. **Journal of Seed Science**, v.35, p.147-152, 2013b. DOI: 10.1590/ S2317-15372013000200002.

ELIAS, A.I.; CAMARGO, J.R.O. A oferta de produtos e de serviços em Agricultura de Precisão no Brasil. Agricultura de Precisão: a visão da Case do Brasil. In: BALASTREIRE, L.C. **O estado da arte da Agricultura de Precisão no Brasil**. Piracicaba: L. A. Balastreire, 2000. p. 33-38.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na Região Central do Brasil 2000/01**. Londrina, 2000. 245p. (EMBRAPA. CNPSo. Documento, 146).

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Perdas na colheita mecanizada da soja**. Safra 2011/2012. Paraná. Londrina Embrapa Soja, 2012.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro nacional de pesquisas de solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF, 2018. 274 p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Qualidade de sementes e grãos comerciais de soja no Brasil safra 2017/18**. Londrina: Embrapa Soja, 2019. n. 422. 11 p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Soja em números**. Londrina: Embrapa Soja, 2020.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Guia clima**. Disponível em: <https://clima.cpao.embrapa.br/>. Acesso em: 27 de abril de 2021.

FONTANA, D.C.; SANTOS, L. N.; DALMAGO, G. A.; SCHIRMBECK, J.; SCHIRMBECK, L. **NDVI e alguns fatores de variabilidade**. Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. ISBN 978-85-17-00097-3. INPE, Santos, SP. 2019.

IRGA – INSITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ. **Soja 6000: manejo para altas produtividades em terras baixas**. 2º ed., rev., atual. Porto Alegre: Gráfica e Editora RJR, 2018.

KÖPPEN, W. **Climatologia: conun estudio de los climas de latierra**. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948. 478 p.

KURACHI, S. A. H.; COSTA, J.A.S.; BERNARDI, J.A.; COELHO, J.L.D.; SILVEIRA, G.M. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento e dados de ensaios e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. **Bragantia, Campinas**, v. 48, n. 2, p. 249 - 262, 1989.

LACERDA, M. **Saiba como ajustar as máquinas para o plantio**. Canal Rural, Sinop, 2015.

LEE, C. D; EGLI, D. B; TEKRONY, D. M. Soybean response to plant population at early and late planting dates in the Mid-South. **Agronomy Journal**, v.100, p.971-976, 2008.

LIMA, S. F.; ALVAREZ, R. C. F.; THEODORO, G. F.; BAVARESCO, M.; SILVA, K. S. Efeito da semeadura em linhas cruzadas sobre a produtividade de grãos e severidade da ferrugem asiática da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 6, p. 954-962, 2012.

LOBATO, R. et al. Índice de vegetação por diferença normalizada para análise da redução da mata atlântica na região costeira do distrito de Tamoios – Cabo Frio/RJ. **Caderno de Estudos Geoambientais**, v.01, n.01, p.14-22, 2010.

MADALOZ, J. C. C. **Qualidade de plantio na safrinha**. Blog Agronegócio em Foco, 2014.

MAGALHÃES, S. C.; OLIVEIRA, B.; TOLEDO, A.; TABILE, R. A.; SILVA, R. Perdas quantitativas na colheita mecanizada de soja em diferentes condições operacionais de duas colhedoras. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 5, n. 25, p. 43-48, 2009.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Agricultura de Precisão**. Brasília DF., 2014.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de planta cultivadas**. Londrina, 659 p., 2015.

MERCANTE, F.M. Fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja. Como se beneficiar?. In ANAIS. Encontro Plantio Direto no Cerrado, 7, 2003, Sorriso. **Anais...** Sorriso: Ed. UFMT, 2003. p.25-29.

MESQUITA, C. M.; COSTA, N. P.; PEREIRA, J. E.; MAURINA, A. C.; ANDRADE, J. G. M. Caracterização da colheita mecanizada da soja no Paraná. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 21, n. 2, p. 197-205, 2001.

MIALHE, L.G. Máquinas agrícolas: ensaios & certificação. Piracicaba: FEALQ, 1996. 722p.

MOLIN, J. P. Geração e interpretação de mapas de produtividade para agricultura de precisão. In: BORÉM, A.; GIÚDICE, M. P.; QUEIROZ, D. M.; MANTOVANI, E. C.; FERREIRA, L. R.; VALLE, F. X. R.; GOMIDE, R. L. **Agricultura de precisão**. Viçosa - MG: Universidade Federal de Viçosa, p. 237- 258. 2000.

MOLIN, J. P.; MILAN, M.; NESRALLAH, M. G. T.; CASTRO, C. N. GIMENEZ, L. M. Utilização de dados georreferenciados na determinação de parâmetros de desempenho em colheita mecanizada. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 3, p. 759-767, 2006.

MONTEIRO, P.F.C.; ANGULO FILHO, R.; XAVIER, A.C.; MONTEIRO, R.O.C. Assessingbiophysicalvariableparametersofbeancropwithhyperspectralmeasurements. **ScientiaAgricola**. v.69, p.87-94, 2012.

NEVES, E. M.; ANDIA, L. H. **Custo de produção na agricultura**. Série Didática [do] Departamento de Economia, Administração e Sociologia. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, Piracicaba, n. 96, p. 182-195, 2003.

PONZONI, F. J; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2012.

PONSONI, F.J.; SHIMABUKUTO, Y.E. **Sensoriamento Remoto no estudo da Vegetação**. Editora Parêntese, São José dos Campos, 127p., 2017.

PROCÓPIO, S. O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56, n. 4, p. 319-325, 2013.

REGONAT, A. **Factores de manejo que inciden en la eficiencia durante la cosecha de soja**. Hoja Informativa Económica para ayudaren las decisiones de su empresa, n° 27. EEA INTA Reconquista. 2007.

REYNALDO, E. F.; MACHADO, T. M. Avaliação de perdas de uma colhedora axial na colheita da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA – CONBEA, 44., São Pedro – SP, Brasil, 2015. **Anais...** São Pedro – SP, Brasil, 2015.

ROSEMBACK, R; FRANÇA, A. A. S; FLORENZANO, T. G. Análise Comparativa dos dados NDVI obtidos de imagens CCD/CBERS e TM/ Landsat5 em uma área urbana. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p.1075-1082.

SANGOI, L.; SCHMITT, A.; VIEIRA, J.; PICOLI, G.J.; SOUZA, C.A.; CASA, R.T.; SCHENATTO, D.E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C.M.; MACHADO, G.C.; HORN, D. Variabilidade na distribuição espacial de plantas na linha e rendimento de grãos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.3, p.268-277, 2012.

SANTOS, A.J.M; GAMERO, C.A.; OLIVEIRA, R.B.; VILLEN, A.C. Análise espacial da distribuição longitudinal de sementes de milho em uma semeadora adubadora de precisão. **Bioscience Journal**, v.27, n.1, p.16-23, 2011.

SILVA, J. C.; SILVA, A. A. S.; ASSIS, R. T. **Circulares Técnicas de 01 a 05**. II Encontro de Campo Universitário, Curso de Agronomia – Uniaraxá. Instituto de Ciências Exatas e Humanas, 2013.

SILVEIRA, J. M.; CONTE, O. **Determinação de perdas na colheita de soja: copo medidor da Embrapa**. Embrapa Soja-Fôlder, 2013.

SOBRINHO, J.A.F.; ALVES, M. C.. Sensoriamento remoto multiespectral da soja (*glycine max* l.) e sua relação com a produtividade de sementes em Mato Grosso. In: IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, **Anais**, 2012, Recife - PE.

TOLEDO, A. D.; TABILEII, R. A.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A.; MAGALHÃES, S. C; COSTA, B. O. Caracterização das perdas e distribuição de cobertura vegetal em colheita mecanizada de soja. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 4, p. 710-719, 2008.

TORRE NETO, A.; JORGE, L. A. C.; Agricultura de Precisão. In: **Workshop o Agronegócio na sociedade da informação**, 2002. Agrosoft. Brasília, 2002.

TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1071-1077, 2002.

VALE, N. K. A. **Trajectoria da produtividade da soja em função da variabilidade das chuvas no estado de Goiás**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Goiás - UFG, Programa de Pós-Graduação em Agronegócio. 63 f. 2017.

VIAN, A.L.; SANTI, A.L.; AMADO, T.J.C.; CHERUBIN, M.R.; SIMON, D.H.; DAMIAN, J.M.; BREDEMEIER, C. Variabilidade espacial da produtividade de milho irrigado e sua correlação com variáveis explicativas de planta. **Ciência Rural**, v.46, n.3, p. 464-471, 2016.

VIOLA, M; ZANDONADI, R. S.; RUFFATO, S.; MOTA, B. L. da; BARBOSA, F. S.. Perdas na colheita mecanizada de soja nas regiões nordeste e médio-norte do Mato Grosso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA - CONBEA, 44., 2015, São Pedro – SP, Brasil. **Anais...** São Pedro-SP, 2015. Disponível em: <<http://www.downloads//545901444390459ppt-eposter-trab-aceito-0330-1.pdf>>. Acesso em: 26 dezembro. 2021.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). Applications of soil physics. New York: Academic, 1980. Cap.2, p.319-344.

WEIRICH NETO, P.H.; FORNARI, A.J.; JUSTINO, A.; GARCIA, L.C. Qualidade na semeadura do milho. **Engenharia Agrícola**, v.35, n.1, p.171-179, 2015.

XAVIER, T. da S.; DARONCH, D.J.; PELUZIO, J.M.; AFFÉRI, F.S.; CARVALHO, E.V. de; SANTOS, W.F. dos. Época de colheita na qualidade de sementes de genótipos de soja. **Comunicata Scientiae**, v.6, p.241-245, 2015.

ZANDONADI, R. S.; RUFFATO, S.; FIGUEIREDO, Z. N. Perdas na colheita mecanizada de soja na região Médio-Norte: safra 2012/2013. **Revista Pesquisas Agrárias e Ambientais**, v. 03, n. 01, p. 64-66, 2015.

ZANON, A.J.; STRECK, N. A.; ROCHA, T. S. M.; ALBERTO, C. M.; BARTZ, A. C.; PAULA, G. M.; TOMIOZZO, R.; COSTA, L. C.; FERISTERSEIFER, C. A.; TAGLIAPIETRA, E. L.; CARDOSO, A. P.; WEBER, P. S.; BEXAIRA, K. P. Growth habit effect on development of modern soybean cultivars after beginning of bloom in Rio Grande do Sul, 2016. **Bragantia**75: 446-458.