

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
COLÉGIO POLITÉCNICO DA UFSM  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA  
DE PRECISÃO

Deoclides de Oliveira Neto

**ÍNDICES DE VEGETAÇÃO, RENDIMENTO DE GRÃOS E SEUS  
COMPONENTES EM SOJA, EM ÁREA COM AVALIAÇÃO DE  
AGENTES DE CONTROLE BIOLÓGICO**

Santa Maria, RS  
2020



**Deoclides de Oliveira Neto**

**ÍNDICES DE VEGETAÇÃO, RENDIMENTO DE GRÃOS E SEUS COMPONENTES  
EM SOJA, EM ÁREA COM AVALIAÇÃO DE AGENTES DE CONTROLE  
BIOLÓGICO**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agricultura de Precisão**.

Orientador: Prof. Dr. Lúcio de Paula Amaral

Santa Maria, RS  
2020

Neto, Deoclides de Oliveira

ÍNDICES DE VEGETAÇÃO, RENDIMENTO DE GRÃOS E SEUS  
COMPONENTES EM SOJA, EM ÁREA COM AVALIAÇÃO DE AGENTES DE  
CONTROLE BIOLÓGICO / Deoclides de Oliveira Neto.- 2020.  
158 p.; 30 cm

Orientador: Lucio de Paula Amaral  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Colégio Politécnico, Programa de Pós-Graduação em  
Agricultura de Precisão, RS, 2020

1. Agricultura de Precisão 2. Aeronave Remotamente  
Pilotada 3. Insumos biológicos 4. Sensor Multiespectral  
I. de Paula Amaral, Lucio II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

---

© 2020

Todos os direitos autorais reservados a Deoclides de Oliveira Neto. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.  
E-mail: deoclidessoliveiraneto@gmail.com; Fone: (055)55 99935 4441

Deoclides de Oliveira Neto

**ÍNDICES DE VEGETAÇÃO, RENDIMENTO DE GRÃOS E SEUS  
COMPONENTES EM SOJA, EM ÁREA COM AVALIAÇÃO DE AGENTES DE  
CONTROLE BIOLÓGICO**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agricultura de Precisão**.

**Aprovado em 1 de junho de 2020:**



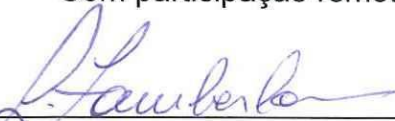
---

**Lúcio de Paula Amaral, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)



---

**Christian Bredemeier, Dr. (UFRGS)**  
Com participação remota



---

**João Fernando Zamberlan, Dr. (UNICRUZ)**

Santa Maria, RS  
2020



## DEDICATÓRIA

*A minha família e minha esposa e filho. Dedico também à minha mãe e pai, que infelizmente não estão mais entre nós para presenciar esse momento, mas se faz necessário agradecer a educação recebida, o exemplo de luta e o amor que me faz fortalecido até hoje.*





## **AGRADECIMENTOS**

*A concretização deste trabalho ocorreu, principalmente, pelo auxílio, compreensão e dedicação de várias pessoas. Agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão deste estudo e, de uma maneira especial, agradeço:*

*À minha esposa Adriana Maria Patias Schio, pelo amor incondicional, a dedicação, o carinho, a paciência, a compreensão e pela força diária que necessitei em todos os momentos nessa caminhada. Foi por ela que não desisti.*

*Aos meus pais Maria Eliza Silveira de Oliveira e Adair Santos de Oliveira, por todo amor verdadeiro e exemplo de luta e dedicação, porque sempre acreditaram na minha capacidade e tudo que conquistei na vida foi graças a eles. Onde estiverem, acredito estarem vibrantes e de alguma forma iluminaram minha caminhada;*

*Ao meu filho João Pedro Fernandez de Oliveira que é meu orgulho, minha vida, meu amor infinito.*

*Ao meu Orientador Lúcio de Paula Amaral, pela oportunidade concedida no Programa de Pós-Graduação Profissional em Agricultura de Precisão, pela confiança em mim depositada e pela pessoa humana, incentivadora e dedicada, grato pela orientação.*

*Aos meus familiares e amigos, que souberam entender a minha ausência e que sempre me deram incentivo.*

*Em especial ao meu amigo Marco Sampaio que me incentivou a voltar a estudar e me ajudou com seus ensinamentos e orientação e ao amigo e professor Luiz Felipe Dias de Carvalho, por compartilhar seu conhecimento e seus recursos.*

*Ao meu sobrinho Edemar de Oliveira Junior que me ajudou na instalação e coleta dos dados do experimento.*

*À empresa Koppert do Brasil, que forneceu os agentes de controle biológico para a formação do experimento.*

*Aos meus amigos Joaquim Henrique Moraes Amarante e Leandro Dreher, que me ajudaram nos trabalhos de campo e ao meu amigo Jorge Henrique Teixeira do Amarante pelas conversas e pela paciência em, como ele diz, “olhar os meus mapas”.*

*Aos colegas Gilce Plate, Regiane Aparecida Ferreira e Alencar Lucas Soares, que me ajudaram na obtenção dos resultados dos componentes de produtividade*

*Aos colegas Raphael Borgias Vareiro, Vinicius Dutra e Daniel Fernandes, pela disponibilidade em ajudar sempre quando solicitei.*

*À Universidade pública, gratuita e de qualidade, pela oportunidade de desenvolver e concretizar este estudo;*

*Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação - Mestrado Profissional em Agricultura de Precisão por contribuírem de uma forma ou de outra pela conquista deste título, cujos nomes me permito não citar para que não ocorram injustiças;*

*Enfim a todos àqueles que fazem parte da minha vida e que são essenciais para eu ser, a cada dia nessa longa jornada, um ser humano melhor.*

*Mestre não é aquele que sempre ensina, mas que de repente, aprende.*

(Guimarães Rosa)



## RESUMO

# ÍNDICES DE VEGETAÇÃO, RENDIMENTO DE GRÃOS E SEUS COMPONENTES EM SOJA, EM ÁREA COM AVALIAÇÃO DE AGENTES DE CONTROLE BIOLÓGICO

AUTOR: Deoclides de Oliveira Neto  
ORIENTADOR: Prof. Dr. Lúcio de Paula Amaral

O uso de Sensoriamento Remoto (SR), em especial na Agricultura de Precisão (AP) está em plena expansão. Sensores embarcados nas aeronaves remotamente pilotadas (RPA), complementam o SR orbital e proximal, aliados as técnicas de análise estatística espacial e modelagem de dados geram inúmeras informações, que podem auxiliar na evolução da agricultura. De maneira análoga, mas com pesquisas realizadas há mais tempo, porém não conjuntas, o uso de agentes de controle biológico pode preencher a necessidade de redução do uso de insumos químicos nas lavouras, para que atividade se aproxime mais de um equilíbrio entre a produção e a sustentabilidade, principalmente na cultura de soja (*Glycine max* (L.)), atualmente principal commodity produzida no Brasil e no mundo. Esta pesquisa apresenta um estudo sobre os efeitos do controle biológico nos índices de vegetação (IV) e nos componentes de rendimento (CR) da soja. A pesquisa parte da realidade da agricultura convencional e busca, através do uso da biotecnologia e das tecnologias disruptivas da Agricultura de Precisão, como é o caso do SR através de sensores multiespectrais embarcados em RPA, como forma de monitoramento não destrutivo, para auxiliar na tomada de decisão. O objetivo geral desta pesquisa foi testar agentes de controle biológicos na cultura da soja, e utilizar índices de vegetação obtidos com sensor multiespectral embarcado em aeronave remotamente pilotada para identificar a variabilidade espacial produzida pelo uso desses produtos e estimar o rendimento de grãos e de seus componentes. Foi implantado um experimento, no município de Tupanciretã, região central do RS, com tratamentos realizados durante a semeadura de uma lavoura de soja através da aplicação de agentes de controle biológico no sulco da semeadura. Foram utilizados três tratamentos e uma testemunha (sem aplicação destes produtos). O primeiro, com o uso do fungo *Trichoderma harzianum*, o segundo, com uso do mesmo fungo misturado com a bactéria *Bacillus amyloliquefaciens* e o terceiro, com somente a referida bactéria. O imageamento da lavoura foi realizado com RPA, do tipo asa fixa, e sensor multiespectral embarcado. Foram realizados seis imageamentos, três nos estágios vegetativos da cultura (V4, V6 e V9) e três nos estágios reprodutivos (R1, R2 e R6). Das imagens, foram gerados cinco IV, NDVI, NDRE, MPRI e SAVI, este último com duas constantes de ajuste ao solo (0,25 e 0,5). Os dados dos CR foram obtidos, com a mensuração de características da cultura, no momento da colheita, em que foram coletadas as amostras vegetais, em duas linhas de plantio x 0,80 m, perfazendo 120 unidades amostrais de 0,720 m<sup>2</sup>, 30 para cada tratamento e testemunha. De cada amostra foram contadas o número de plantas, de vagens viáveis e não viáveis (de forma manual), o número de grãos (contador eletrônico de grãos) e, após a determinação da umidade, foram medidas as massas da matéria seca de mil grãos e total, e seus resultados convertidos em m<sup>2</sup>. Para análise estatística dos dados, foi utilizada a estatística descritiva, que deu uma ideia geral dos dados, análise de Correlação de Pearson entre os IV gerados e os CR, análise de variância ou de postos médios, para comparação do efeito dos tratamentos nos IV e CR, e análise de regressão, para estimar a produtividade a partir dos IV (com dados de estatística zonal). Os resultados demonstraram que os agentes de controle biológico aplicados no experimento proporcionaram aos tratamentos uma maior população de plantas, quando comparados com a testemunha, com possível vigor e sanidade superiores à mesma, e estatisticamente foram detectados diferentes valores nos IV, nos CR e na produtividade. O IV que melhor estimou a produtividade foi o NDRE, no estágio R1, apresentou correlação de 0,718 e coeficiente de determinação com a produtividade de 0,804. Conclui-se que o melhor tratamento foi obtido com a mistura de *T. harzianum* e *B. amyloliquefaciens* (maior número de plantas, vagens viáveis, grãos e maior produtividade), que o sensor multiespectral embarcado em RPA, mostrou-se útil para monitorar o desenvolvimento da cultura em vários estágios fenológicos e, que os melhores IV foram NDRE, NDVI e SAVI, nos estágios fenológicos R1 e R2.

**Palavras-chave:** Agricultura de Precisão. Insumos biológicos. Aeronave Remotamente Pilotada. Sensor Multiespectral.



## ABSTRACT

### VEGETATION INDICES, GRAIN YIELD AND THEIR COMPONENTS IN SOYBEAN, IN AN AREA EVALUATION OF BIOLOGICAL CONTROL AGENTS

AUTHOR: Deoclides de Oliveira Neto  
ADVISOR: Prof. Dr. Lúcio de Paula Amaral

The use of Remote Sensing (RS), especially in Precision Agriculture (PA) is in full expansion. Sensors embedded in the remotely piloted aircraft (RPA), complement the orbital and proximal RS, combined with the techniques of spatial statistical analysis and data modeling generate numerous information, which can assist in the evolution of agriculture. In a similar way, but with research carried out for a longer time, but not jointly, the use of biological control agents can fill the need to reduce the use of chemical inputs in crops, so that the activity approaches more a balance between production and sustainability, mainly in soybean (*Glicine max* (L.)), currently the main commodities produced in Brazil and in the world. This research presents a study on the effects of biological control on the vegetation indexes (VI) and on the of soybean yield components (YC). The research starts from the reality of conventional agriculture and seeks, through the use of biotechnology and disruptive technologies of Precision Agriculture, as is the case of RS through multispectral sensors embedded in RPA, as a way of non-destructive monitoring, to assist in making decision-making. The general objective of this research was to test biological control agents in the soybean culture, and to use vegetation indexes obtained with a multispectral sensor embedded in a RPA to identify the spatial variability produced by the use of these products and to estimate the yield of grains and their components. An experiment was implemented in the municipality of Tupanciretã, in the central region of RS, with treatments carried out during the sowing of a soybean crop through the application of biological control agents in the sowing furrow. Three treatments and a control were used (without application of the products). The first, using the fungus *Trichoderma harzianun*, the second, using the same fungus mixed with the bacterium *Bacillus amyloliquefaciens*, and the third, with only that bacterium. The crop was imaged using RPA, of the fixed wing type, and an embedded multispectral sensor. Six images were taken, three in the vegetative stages of the crop (V4, V6 and V9) and three in the reproductive stages (R1, R2 and R6). From the images, five VI were generated, NDVI, NDRE, MPRI and SAVI, the latter with two soil adjustment constants (0.25 and 0.5). The data of the YC were obtained, with the measurement of crop characteristics, at the time of harvest, in which the vegetable samples were collected, in two planting lines x 0.80 m, making 120 sample units of 0.720 m<sup>2</sup>, 30 for each treatment and witness. From each sample, the number of plants, viable and non-viable pods (manually), the number of grains (electronic grain counter) were counted and, after determining the humidity, the dry matter masses of a thousand grains and total were measured, and their results were converted into m<sup>2</sup>. For statistical analysis of the data, descriptive statistics were used, which gave a general idea of the data, Pearson's Correlation analysis between the generated IV and the YC, analysis of variance or average rank, to compare the effect of treatments on the IV and YC, and regression analysis, to estimate productivity from the VI (with zonal statistic data). The results showed that the biological control agents applied in the experiment provided the treatments with a larger population of plants, when compared to the control, with possible vigor and health superior to the same, and statistically different values were detected in the IV, YC and productivity. The IV that best estimated productivity was NDRE, at the R1 stage, with a correlation of 0.718 and a coefficient of determination with productivity of 0.804. It is concluded that the best treatment was obtained with the mixture of *T. harzianun* and *B. amyloliquefaciens* (greater number of plants, viable pods, grains and greater productivity), than the multispectral sensor embedded in RPA, proved to be useful for monitoring the culture development in various phenological stages and that the best IV were NDRE, NDVI and SAVI, in the phenological stages R1 and R2.

**Keywords:** Precision Agriculture. Biological Supplies. Remotely Piloted Aircraft. Multispectral Sensor in ARP





## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Escala fenológica da soja. ....	27
Figura 2 – Espectro eletromagnético.....	33
Figura 3 – Comportamento espectral da vegetação.....	36
Figura 4 – Diferença entre uso de aeronaves não tripuladas recreativo e não recreativo.....	38
Figura 5 – Resumo da regulamentação da ANAC. ....	39
Figura 6 – <i>Layout</i> básico de uma RPA multirrotor.....	40
Figura 7 – <i>Layout</i> básico de uma RPA de asa fixa.....	40
Figura 8 – Diferentes níveis de coleta de dados no Sensoriamento Remoto.....	43
Figura 9 – Comparação das características dos sensores monocromático, RGB, espectraloradiômetro, multiespectral e hiperspectral. ....	44
Figura 10 – Câmeras digitais dos fabricantes Canon, Sony e DJI. ....	47
Figura 11 – Câmera multiespectral <i>Red Edge-M</i> , <i>Micasense</i> .....	48
Figura 12– Câmera multiespectral <i>Red Edge-MX</i> , <i>Micasense</i> .....	49
Figura 13 – Sensor RGB e multiespectral DJI P4 Multiespectral. ....	50
Figura 14 – Câmera multiespectral <i>Altum</i> , <i>Micasense</i> .....	51
Figura 15 – Sistema <i>Dual Câmera multiespectral</i> , <i>Micasense</i> .....	52
Figura 16 – Localização do experimento no Estado do Rio Grande do Sul e no Município de Tupanciretã-RS.....	67
Figura 17 – Equipamentos utilizados no plantio, sendo: a) Semeadora, b) detalhes do painel de comandos c) Pulverizador de jato no sulco da semeadura e, d) sistema de mangueira que leva o líquido até o sulco da semeadura.	69
Figura 18 – Croqui do experimento com os locais dos tratamentos e testemunha na escala de 1:881.....	71
Figura 19 – Unidades amostrais, sendo: a) Maço de plantas da unidade amostral, individualizado por fita adesiva e b) Sacola plástica que identificou os locais da amostragem no mosaico em RGB. ....	73
Figura 20 – Mosaico com a localização das 30 unidades amostrais para determinação dos componentes de rendimento, em um dos tratamentos, na escala de 1:441. ....	73
Figura 21 – Processo de separação e limpeza dos grãos de soja, a) separação das vagens, b) exemplo de vagens viáveis e não viáveis, c) contagem das vagens viáveis e não viáveis e d) separação dos grãos da palha.....	75
Figura 22 – Equipamentos utilizados na contagem, determinação de umidade e massa, a) aparelho de determinação de umidade, b) peneira para classificação da soja, c) contador eletrônico de grãos e d) balança de precisão.....	75
Figura 23 – SARP: RPA modelo Maptor da fabricante Horus (a), câmera multiespectral modelo <i>Red Edge-M</i> , da fabricante <i>Micasense</i> (b), <i>software Mission Planner</i> (c).....	77
Figura 24 – Gráficos da evolução dos IV da cultura da soja, experimento com aplicação de agentes de controle biológico em Tupanciretã-RS, safra 2019/2020. ....	113
Figura 25 – Gráficos de dispersão para o IV NDVI do experimento de aplicação de agente de controle biológico na cultura de soja realizado em Tupanciretã-RS/safra 2019/2020. ....	127

Figura 26 – Gráficos de dispersão do IV NDRE do experimento de aplicação de agente de controle biológico na cultura de soja realizado em Tupanciretã-RS/safra 2019/2020.....	128
Figura 27 – Gráficos de dispersão do IV MPRI do experimento de aplicação de agente de controle biológico na cultura de soja realizado em Tupanciretã-RS/safra 2019/2020.....	128
Figura 28 – Gráfico da precipitação (mm) para os períodos entre a semeadura e colheita do experimento, em Tupanciretã (RS).....	156
Figura 29 – Gráfico da temperatura (°C) para os períodos entre a semeadura e colheita do experimento em Tupanciretã (RS).....	156
Figura 30 – Gráfico da umidade relativa do ar (%) para os períodos entre a semeadura e colheita do experimento em Tupanciretã (RS).....	157
Figura 31 – Gráfico da pressão atmosférica (hPa) para os períodos entre a semeadura e colheita do experimento em Tupanciretã (RS).....	157
Figura 32 – Gráfico da radiação solar (kJ/m <sup>2</sup> ) para os períodos entre a semeadura e colheita do experimento em Tupanciretã (RS).....	158
Figura 33 – Gráfico da precipitação acumulada (mm) para o período entre a semeadura e colheita do experimento em Tupanciretã (RS).....	158

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados para análise física do solo .....	67
Tabela 2 – Resultados de análise química de solo completa para fins de fertilidade. .....	68
Tabela 3 – Estatística Descritiva para os dados gerais do experimento de aplicação de agente de controle biológico na cultura de soja, realizado em Tupanciretã-RS, safra 2019/2020. ....	82
Tabela 4 – Estatística Descritiva para os dados do tratamento com agente biológico <i>Trichoderma harzianum</i> (TR), para o experimento de aplicação de agente de controle biológico na cultura de soja, realizado em Tupanciretã-RS, safra 2019/2020. ....	88
Tabela 5 – Estatística Descritiva para os dados do tratamento com os agentes biológicos em associação <i>T. harzianun</i> e <i>B. amyloliquefaciens</i> (TB), para o experimento de aplicação de agente de controle biológico na cultura de soja, realizado em Tupanciretã-RS, safra 2019/2020. ....	94
Tabela 6 – Estatística Descritiva para os dados do tratamento com agente biológico <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> (BA), para o experimento de aplicação de agente de controle biológico na cultura de soja, realizado em Tupanciretã-RS, safra 2019/2020. ....	100
Tabela 7 – Estatística Descritiva para os dados do tratamento testemunha, sem aplicação de agentes de controle biológico (TE), para o experimento de aplicação de agente de controle biológico na cultura de soja, realizado em Tupanciretã-RS, safra 2019/2020. ....	106
Tabela 8 – Correlação entre os IV e os componentes de rendimento, para o experimento de aplicação de agente de controle biológico na cultura de soja, realizado em Tupanciretã-RS, safra 2019/2020. ....	115
Tabela 9 – Coeficientes de determinação e equação da reta ajustada de regressão para as médias dos valores máximos dos IV SAVI 0,5 e SAVI 0,25 em R1 e R6 e para as médias dos valores médios dos IV SAVI 0,5 e SAVI 0,25 em R6.....	126
Tabela 10 – ANOVA para a média dos valores dos IV, para o experimento de aplicação de agente de controle biológico na cultura de soja, realizado em Tupanciretã-RS/safra 2019/2020. ....	130
Tabela 11 – Comparação de postos médios para a média dos valores dos IV, para o experimento de aplicação de agente de controle biológico na cultura de soja realizado em Tupanciretã-RS/safra 2019/2020. ....	133
Tabela 12 – ANOVA para componentes de rendimento do experimento de aplicação de agente de controle biológico na cultura de soja realizado em Tupanciretã-RS/safra 2019/2020. ....	137
Tabela 13 – Comparação dos postos médios para os CR número de plantas/ua e número de vagens não viáveis/ua, do experimento de aplicação de agente de controle biológico na cultura de soja realizado em Tupanciretã-RS/safra 2019/2020. ....	140



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	21
1.1	PROBLEMA	23
1.2	OBJETIVOS	24
<b>1.2.1</b>	<b>Objetivo geral</b>	24
<b>1.2.2</b>	<b>Objetivos específicos</b>	24
1.3	JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	25
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	27
2.1	CULTURA DA SOJA	27
2.2	AGRICULTURA DE PRECISÃO	29
2.3	SENSORIAMENTO REMOTO	32
<b>2.3.1</b>	<b>Sensoriamento remoto na agricultura</b>	33
<b>2.3.2</b>	<b>As aeronaves remotamente pilotadas (RPAs)</b>	37
<b>2.3.3</b>	<b>Aeronaves remotamente pilotadas como plataforma para o sensoriamento remoto na agricultura de precisão</b>	41
<b>2.3.4</b>	<b>Sensores</b>	42
2.3.4.1	<i>Sensores embarcados em RPA</i>	45
2.3.4.1.1	Sensores RGB	46
2.3.4.1.2	Sensores multiespectrais	47
<b>2.3.5</b>	<b>Fotogrametria com Drones</b>	52
2.4	ÍNDICES DE VEGETAÇÃO – IV	53
<b>2.4.1</b>	<b>NDVI</b>	55
<b>2.4.2</b>	<b>NDRE</b>	56
<b>2.4.3</b>	<b>SAVI</b>	57
<b>2.4.4</b>	<b>MPRI</b>	58
2.5	CONTROLE BIOLÓGICO NA AGRICULTURA	58
<b>2.5.1</b>	<b>Trichoderma sp.</b>	60
2.5.1.1	<i>Trichoderma harzianum</i>	62
<b>2.5.2</b>	<b>Bacillus sp.</b>	63
2.5.2.1	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	64
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	66
3.1	DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	66
3.2	EXPERIMENTO	67
<b>3.2.1</b>	<b>Análise de solo</b>	67
<b>3.2.2</b>	<b>A implantação e condução da cultura</b>	68
<b>3.2.3</b>	<b>Implantação do experimento e coleta dos dados</b>	70
3.2.3.1	<i>Distribuição e localização dos tratamentos</i>	70
3.2.3.2	<i>Tratamento e coleta de dados</i>	71
3.2.3.2.1	Coleta das unidades amostrais	72
3.2.3.2.2	Identificação dos locais de coleta das unidades amostrais	72
3.2.3.2.3	Determinação dos componentes de rendimento	74
3.3	USO AGRÍCOLA DE ARP PARA MAPEAMENTO DA LAVOURA	76
3.4	GERAÇÃO DOS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO – IV	77
3.5	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	78
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	81
4.1	ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS DADOS E EVOLUÇÃO DOS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO	81
<b>4.1.1</b>	<b>Estatística Descritiva dos Dados</b>	81
<b>4.1.2</b>	<b>Análise temporal dos índices de vegetação</b>	111

4.2	ANÁLISE DE CORRELAÇÃO DOS DADOS DO EXPERIMENTO .....	114
4.3	ANÁLISE DE REGRESSÃO ENTRE OS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO E OS COMPONENTES DE RENDIMENTO DA SOJA .....	125
4.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO .....	129
4.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS COMPONENTES DE RENDIMENTO .....	136
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>142</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>143</b>
	<b>ANEXO A – DADOS METEOROLÓGICOS PARA O PERÍODO ENTRE A SEMEADURA E COLHEITA DO EXPERIMENTO</b> .....	<b>156</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O uso de Sensoriamento Remoto (SR) na agricultura, em especial na Agricultura de Precisão (AP), é crescente. O sensoriamento das lavouras por sensores embarcados nas aeronaves remotamente pilotadas (ARPs) está em plena expansão na atualidade e complementa as demais formas de sensoriamento. Em termos de nível de aquisição de dados, está entre as plataformas orbitais e proximais. Em comparação às plataformas orbitais, possui vantagem em relação a resolução espacial e temporal e limitação quanto a resolução espectral. Quanto às plataformas proximais, possui vantagens quanto a agilidade na aquisição de dados e pela forma menos destrutiva. Os inúmeros dados que podem ser utilizados na geração de informações, que transcritas em formas diferenciadas de manejo das lavouras, torna esta geotecnologia muito aplicada à Agricultura de Precisão. Aliada às técnicas de análise estatística espacial, modelagem de dados, dentre outras formas, podem auxiliar no melhor entendimento e utilização dos mesmos para a evolução da agricultura. Na mesma linha, o uso de agentes de controle biológico é uma realidade hoje em dia. A necessidade de redução do uso de insumos químicos nas lavouras se faz necessária, para que se tenha um equilíbrio entre a produção e a sustentabilidade, que proporcione a redução dos problemas de ordem ambiental, de saúde pública e de ordem biológica. Tecnologias aliando o uso dos agentes de controle biológicos com as aeronaves remotamente pilotadas estão restritas a aplicação e dispersão desses agentes. Ainda é pouco estudada a utilização do sensoriamento por drones para monitoramento dos efeitos nas plantas causadas pela aplicação de agentes de controle biológico no sulco da semeadura.

Como forma de contribuir com o setor produtivo, uma vez que a falta de informação e de qualificação neste setor dificulta a utilização das tecnologias, propõe-se esse trabalho, com a cultura de soja, *Glycine max* (L.), cuja pesquisa, tanto com sensores embarcados em ARPs, quanto com o uso de controle biológico, em especial os agentes *Trichoderma harzianum* e *Bacillus amyloliquefaciens*, é recente e vem ao encontro do atendimento desta demanda.

A soja (*Glycine max* L. Merrill) está entre as commodities mais produzidas, se destaca na produção de óleo vegetal e farelo de soja (WIEWARDANA et al., 2019). É uma das principais culturas oleaginosas produzidas e consumidas em todo o mundo (MENGISTU et al., 2018). No que diz respeito à importância da produção, é de grande

importância proporcionar condições adequadas para obter o rendimento ideal (WIEWARDANA et al., 2019). A cultura utiliza técnicas de agricultura de precisão desde o início dos anos 2000.

A Agricultura de Precisão (AP) é definida pela Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão como “um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variação espacial e temporal da unidade produtiva e visa ao aumento de retorno econômico, à sustentabilidade e à minimização do efeito ao ambiente” (BRASIL, 2012). Para Bramley (2009), a AP é um conjunto de tecnologias que promovem melhorias na gestão dos sistemas de produção com base no reconhecimento de que o potencial das lavouras pode variar consideravelmente em pequenas distâncias, na ordem de poucos metros. Para Molin et al. (2015), é uma forma de manejo que reconhece a variabilidade espaço-temporal das lavouras e aplica os insumos conforme a necessidade de cada porção. Enfatizam que, quanto mais dados coletados, mais consistente é a informação gerada e o diagnóstico da variabilidade das lavouras.

Nesse contexto, o desenvolvimento das RPAs, surgiu como uma importante ferramenta e opção na AP (INAMASU; JORGE, 2014). Segundo Fernandes (2016), a utilização das ARPs na agricultura vem ao encontro das necessidades da AP, pois possibilita a geração de informações relevantes das plantas e do solo, com a utilização de sensores multiespectrais embarcados, capazes de obter imagens de altíssima resolução espacial. A resolução espectral possibilita a obtenção de dados em bandas além do visível (RGB – Red; Green; Blue) e a resolução radiométrica, possibilita gerar imagens com mais de 8 bits (256 níveis de cinza ou níveis digitais). Com a transformação radiométricas destas bandas, podemos fazer inferências sobre o estado ou atributos das plantas, como a biomassa ou o suprimento de certos nutrientes para certas culturas, bem como sobre os efeitos das práticas de manejo agrícola adotadas (ADAMCHUK et al., 2010).

Por outro lado, o uso intensivo de agrotóxicos para o controle de doenças, pragas e plantas daninhas na agricultura, tem, reconhecidamente, promovido diversos problemas de ordem ambiental, como a contaminação dos alimentos, do solo, da água, do ar, e dos animais, como a intoxicação de agricultores, como a resistência de patógenos, pragas e plantas daninhas a certos princípios ativos. Seu uso indevido pode causar o surgimento de doenças iatrogênicas (as que ocorrem devido ao uso inadequado de agrotóxicos), o desequilíbrio biológico, alterando a ciclagem de



nutrientes e da matéria orgânica, a eliminação de organismos benéficos e a redução da biodiversidade, entre outros. O controle biológico é uma das alternativas mais discutidas ao uso destes produtos (BETTIOL; MORANDI, 2009). Também, um dos principais objetivos da sociedade moderna, é a superação do modelo de desenvolvimento dependente de recursos não-renováveis, gerador de poluição, de impactos negativos no clima, no bem-estar e na saúde das pessoas. A busca pela sustentabilidade, que mobiliza países, instituições e pessoas em todo o globo faz emergir com força uma nova vertente econômica – a bioeconomia – focada em indústrias e negócios de base biológica que respondam aos anseios de uma sociedade que exige cada vez mais produtos e processos seguros, limpos e de baixo impacto ambiental. Esse movimento terá profundo impacto na agricultura do futuro, já que o grande apelo dos insumos biológicos é a sua especificidade para o alvo pretendido e o baixo impacto em organismos não-alvo, o que leva a baixo risco de resistência e um baixo impacto ambiental (LOPES, 2018a).

O Brasil, por ser o país com a maior diversidade biológica do planeta, pode participar com grande vantagem desse mercado emergente. Nossa biodiversidade é reserva quase ilimitada de insetos, bactérias, fungos, nematoides, protozoários e vírus, além de imensa gama de compostos naturais como reguladores de crescimento, ácidos orgânicos, feromônios, dentre muitas outras moléculas de interesse para a indústria. Nos solos tropicais, estão micro-organismos capazes de controlar patógenos de plantas, promover o crescimento radicular, aumentar a eficiência na absorção e uso de nutrientes, degradar contaminantes do solo, dentre muitas outras funções de interesse (LOPES, 2018b). Contamos também, com pesquisas sobre imageamento e monitoramento das lavouras, com sensores embarcados, bem como desenvolvimento das ARP, desde o início dos anos 2000 (INAMASU et al., 2011).

## 1.1 PROBLEMA

A soja é uma das principais culturas oleaginosas produzidas e consumidas em todo o mundo (MENGISTU et al., 2018), que pelas dimensões de seus cultivos é altamente dependente do uso de insumos químicos nas lavouras. Os estudos que antecedem a presente pesquisa tratam do uso dos índices de vegetação obtidos através de aeronave remotamente pilotadas e do uso de controle biológico, separadamente. As pesquisas atuais não abordam o monitoramento através do

sensoriamento remoto por aeronaves remotamente pilotadas e dos efeitos sinérgicos que os agentes de controle biológico propiciam para o desenvolvimento das plantas e a produtividade. O uso de sensores multiespectrais embarcados em aeronaves remotamente pilotadas e os índices de vegetação que podem ser gerados através desse sensoriamento remoto não tiveram sua utilidade testada, em se tratando de variabilidade espacial produzida por agentes de controle biológico na cultura de soja. A falta de informação dificulta a utilização dessas tecnologias de forma concomitante.

A hipótese que rege esta pesquisa é que os índices de vegetação obtidos através do uso de sensor multiespectral embarcado em aeronave remotamente pilotada podem detectar a variabilidade espacial e variabilidade nos componentes de rendimento e na produtividade, obtidas pela utilização de agentes de controle biológicos e de sua capacidade de conferir proteção, sanidade e vigor para a cultura da soja, em relação a um manejo desta cultura sem o uso desses produtos biológicos.

A hipótese de nulidade é que, o uso de agentes de controle biológico, não causam os efeitos supracitados, na cultura da soja, não influenciando os índices de vegetação e os componentes de rendimento da cultura.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa foi testar os agentes de controle biológico *Trichoderma harzianun* e *Bacillus hamyloliquefaciens*, de forma isolada e conjunta, na cultura da soja, e utilizar índices de vegetação obtidos com sensor multiespectral embarcado em aeronave remotamente pilotada para identificar a variabilidade espacial produzida pelo uso desses produtos e estimar o rendimento de grãos e de seus componentes.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos foram:

➤ Aplicar os agentes de controle biológico *Trichoderma harzianun* (TR) e *Bacillus hamyloliquefaciens* (BA) de forma individual; e conjunta (TB), no sulco de semeadura

para promover a proteção das sementes e das plantas contra patógenos presentes no solo, promover o crescimento das plantas e gerar variabilidade espacial na cultura de soja, através desses efeitos positivos, que podem refletir na produtividade.

- Realizar o imageamento da área experimental através de sensoriamento remoto com uso de sensor multiespectral embarcado em ARP, em vários estágios fenológicos da cultura, para monitoramento de seu desenvolvimento, e utilizar os índices de vegetação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), NDRE (*Normalized Difference Red Edge*) MPRI (*Soil Adjusted Vegetation Index*) e SAVI (*Modified Photochemical Reflectance Index*) com ajustes de solo de 0,25 e 0,5;
- Comparar, estatisticamente, a variabilidade detectada nos IV, devido aos efeitos causados pela utilização dos agentes de controle biológicos na produtividade e demais componentes de rendimento;
- Estabelecer as correlações entre os IV e os componentes de rendimento;
- Estimar o rendimento de grãos e seus componentes a partir dos IV, com uso de análise de regressão.

### 1.3 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

A pesquisa sobre a os efeitos de agentes de controle biológico nos índices de vegetação, no rendimento de grãos e seus componentes, na cultura de soja é justificada pela necessidade da geração de conhecimento sobre esses efeitos e sobre no que isso pode auxiliar para a tomada de decisão, de forma que proporcione a redução dos insumos químicos nas lavouras e se tenha um melhor equilíbrio entre a produção e a sustentabilidade. Um dos principais objetivos da sociedade moderna é a superação do modelo de desenvolvimento dependente de recursos não-renováveis. A busca pela sustentabilidade, focada em indústrias e negócios de base biológica que respondam aos anseios de uma sociedade que exige cada vez mais produtos e processos seguros, limpos e de baixo impacto ambiental. (LOPES, 2018a).

Da mesma forma a pesquisa do uso das RPAs, por ser uma importante ferramenta e opção para a agricultura de precisão, capaz de coletar inúmeros dados de forma rápida e não destrutiva, tornando mais consistente a informação gerada e o diagnóstico das lavouras (INAMASU; JORGE, 2014), para que seja tomada uma decisão mais assertiva, sobre a forma de manejo e aplicação de insumos, levando em consideração a variabilidade espaço temporal das mesmas (MOLIN et al. 2015).

Esse trabalho objetiva uma forma de contribuir com o setor produtivo da cultura de soja, com conhecimento sobre a utilização das tecnologias de sensoriamento remoto através de ARP, e do uso de agentes de controle biológico, em especial os agentes *Trichoderma harzianum* e *Bacillus amyloliquefaciens* e dos efeitos benéficos que estes podem trazer as plantas.

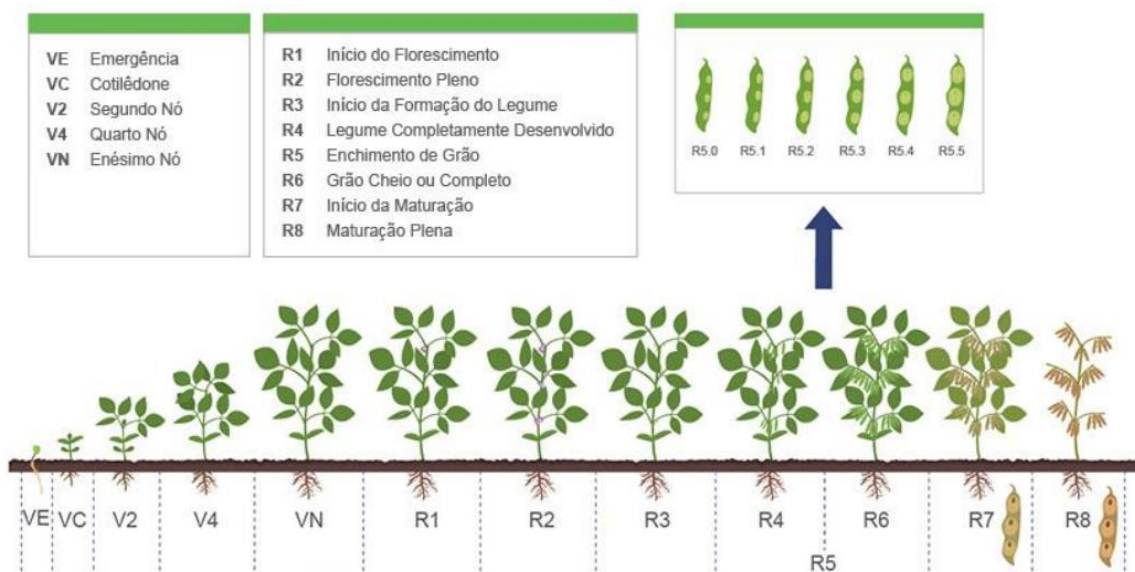
## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CULTURA DA SOJA

A soja (*Glycine max* L.) é uma planta da família das leguminosas originária da Ásia. O crescimento da cultura no mundo ocorreu na Europa, em 1739, nos Estados Unidos, em 1765 e no Brasil, em 1882. Inicialmente plantada no estado da Bahia, chegou ao Rio Grande do Sul, por volta do ano de 1914 e se propagou até meados de 1930 (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005), mas somente a partir de 1960 surgiram as primeiras lavouras comerciais. Nesta época, houve um aumento pela demanda de mercado por alimentos energéticos e proteicos, somados a introdução de cultivares adaptadas às condições de clima e pela melhoria das condições físicas e químicas do solo, impulsionando o plantio no estado (CHRISTENSEN, 2004).

A metodologia mais utilizada para definir e caracterizar os estádios fenológicos da soja, foi proposta por Fehr e Caviness (1977), que considera duas principais fases durante todo o ciclo da cultura: a fase vegetativa, que abrange desde a germinação e emergência até o início do florescimento, e a fase reprodutiva que se inicia com o florescimento e se estende até a maturação fisiológica dos grãos (Figura 1).

Figura 1 – Escala fenológica da soja.



Fonte: Adaptado de Fehr e Caviness (1977)

Segundo a CONAB, na safra 2019/2020, o país teve uma produção estimada, atingiu 120,3 milhões de toneladas, um recorde na série histórica, representando um acréscimo de 4,6% em relação ao exercício passado. Apesar do forte impacto causado pelo desempenho da safra no Rio Grande do Sul, devido à estiagem, a cultura apresentou produtividades recordes em Mato Grosso, Paraná, Goiás, São Paulo, Tocantins, Maranhão, Rondônia e Distrito Federal (CONAB, 2020).

Apesar do cenário de quebra de recordes de produção visto na safra 2019/2020, alguns autores descrevem um cenário preocupante com os eventos climáticos. Segundo Leng e Hall (2019), o plantio da soja nos próximos anos, pode vir a ser comprometido por eventos de estiagem em todo o mundo. O crescimento e desenvolvimento das plantas podem ser afetados por stress bióticos e abióticos (CHANDRA et al. 2018; MARIANO et al., 2013). Entre as diferentes restrições ambientais, a seca é o fator mais limitante na produtividade das culturas (CHAVARRIA et al., 2015). Considerando que a seca pode se tornar mais frequente e mais intensa a cada ano, segundo as previsões de mudanças climáticas, tais reduções de produtividade podem ser agravadas (IPCC, 2014). Enfatiza-se que a disponibilidade de água tem papel fundamental para desenvolvimento da soja, principalmente em dois períodos: germinação emergência (VE-VC) e floração-enchimento de grãos (R1-R6). Durante o primeiro período, tanto o excesso como a falta de água são prejudiciais ao estabelecimento da cultura e à obtenção de uma boa uniformidade na população de plantas, sendo o excesso hídrico mais limitante do que o déficit. (EMBRAPA SOJA, 2006). Durante o segundo ciclo, a necessidade de água na cultura da soja vai aumentando com o desenvolvimento da planta, atingindo o máximo (7 a 8 mm/dia), na fase reprodutiva de floração-enchimento de grãos (R1-R6), decrescendo após esse período. A necessidade total de água na cultura da soja, para obtenção do máximo rendimento, varia entre 450 a 800 mm/ciclo fenológico, dependendo das condições climáticas, do manejo da cultura e da duração do seu ciclo e necessita, além de um volume de água adequado, uma boa distribuição (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

A utilização de agentes de controle biológico na soja, vem sendo estudada como controle de doenças causadas por microrganismos (ARAUJO et. al, 2012), como microrganismos bioprotetores, e produtores de crescimento (MILANESI et al., 2013). Mariano et al (2013) é cita as bactérias promotoras de crescimento de plantas fazem parte da população de microrganismos residentes nas plantas que, devido à

produção de hormônios e outras moléculas, promove o crescimento vegetal. Alguns estudos apontaram, ainda, que a inoculação com bactérias é capaz de aumentar a tolerância das plantas a agentes estressores, mantendo o crescimento vegetal mesmo em condições de déficit hídrico (CHANDRA et al., 2018). A utilização de fungos e bactérias na formulação de inoculantes ou biofertilizantes pode reduzir os custos de produção e impacto ambiental e, aumentar a produtividade das culturas (MARIANO et al., 2013).

## 2.2 AGRICULTURA DE PRECISÃO

O termo agricultura de precisão tem, aproximadamente, 25 anos, mas os fatos e as constatações que levaram ao seu surgimento são de longa data. Desde que a agricultura existe, sempre houve motivos para se diferenciar os tratamentos culturais em razão de alguma diferença interna das áreas cultivadas. Um dos registros mais antigos, sobre a variabilidade da lavoura se deu em 1929, no Estado de Illinois nos Estados Unidos, quando Linsley e Bauer recomendaram ao produtor a amostragem de solo em grade, com o objetivo de desenhar mapas sobre a acidez do solo e que essa variabilidade tinha que ser levada em consideração (INAMASU; BERNARDI, 2014).

A Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão, órgão consultivo do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), adota uma definição para AP. Trata-se de um conjunto de ferramentas e tecnologias aplicadas para permitir um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variabilidade espacial e temporal da unidade produtiva, visando ao aumento de retorno econômico e à redução do impacto ao ambiente (BRASIL, 2012).

Segundo Molin et al. (2015), há uma crescente demanda por alimentos, energia e demais produtos oriundos da agricultura. Ao mesmo tempo, os recursos naturais estão cada vez mais escassos. Diante dessa constatação, a produção agrícola precisa ser otimizada, visar à sustentabilidade e à segurança alimentar. A gestão dos cultivos deve otimizar a utilização dos insumos necessários e buscar o máximo rendimento das culturas, com o menor consumo possível. Nesse contexto, a agricultura de precisão se mostra uma prática essencial, e ganha cada vez mais adeptos.

Esses mesmos autores, fazem um breve histórico sobre a Agricultura de Precisão no Brasil e no mundo e relatam que desde o início do século XX, existem

registros de trabalhos que mostram a utilidade de se gerenciar as lavouras de forma detalhada e localizada, inclusive com a aplicação de insumos, como o calcário, em taxas variáveis. Porém a adoção real de práticas dessa natureza, remonta aos anos 1980, quando foram gerados os primeiros mapas de produtividade na Europa e foram feitas as primeiras adubações com doses variadas de forma automatizada nos Estados Unidos. Um dos principais exemplos ocorreu na universidade de Minnesota (EUA), onde se reuniu um grupo de pesquisadores, que passou a chamar a atenção para a grande variabilidade espacial presente nas lavouras. Esse movimento do final dos anos 1980 deu origem ao que hoje é o Congresso Internacional de Agricultura de Precisão (ICPA), que acontece a cada dois anos e que, por sua vez, deu origem à Sociedade Internacional de Agricultura de Precisão (ISPA). Estes são eventos de grande relevância por agregarem considerável número de cientistas e técnicos em torno do tema. Outro fato que inegavelmente influenciou a efetiva implementação das práticas de agricultura de precisão foi o surgimento do Sistema de Posicionamento Global (GPS), que passou a oferecer sinal para uso civil em torno de 1990. No Brasil, as primeiras atividades ligadas à AP, ainda muito esparsas, ocorreram em meados da década de 1990, primeiramente com a importação de equipamentos, especialmente colhedoras equipadas com monitor de produtividade de grãos. Nessa época, não havia máquinas disponíveis para a aplicação de fertilizantes em taxas variáveis. Isso passou a ser praticado no final dos anos 1990, também com equipamentos importados. No início dos anos 2000, surgiram as primeiras máquinas aplicadoras para taxas variáveis de origem nacional, equipadas com controladores importados e, mais tarde, com os primeiros controladores para taxas variáveis fabricados no Brasil. A comunidade acadêmica passou então, a se organizar em torno de eventos, que aconteceram a partir de 1996, com o primeiro simpósio sobre AP na Universidade de São Paulo, Campus Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, em Piracicaba. A Universidade Federal de Viçosa (UFV) realizava o seu primeiro Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão (SIAP) no ano de 2000. Em 2004, na ESALQ/USP, realizava-se o primeiro Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão (ConBAP), que, na sequência, juntou esforços com o SIAP. Foi criada a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão, órgão consultivo do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento oficializado pela portaria nº 852 de 20 de setembro de 2012.

No dia primeiro de maio de 2000, a degradação do sinal imposta pelo governo norte-americano, que causava, intencionalmente, um erro exagerado nos



posicionamentos disponíveis a partir do sinal de GPS de uso civil foi desligada. Com isso, o alto investimento em sistemas de correção diferencial daqueles que trabalhavam no campo com o GPS, foram reduzidos e os receptores de navegação de baixo custo se popularizaram. A partir da conjugação desses fatores fez com que o mercado de AP passasse efetivamente a existir, com o surgimento das primeiras empresas de consultoria e de serviços. Na sequência, surgiram os sistemas de direção automática, em substituição aos as barras de luzes, que passaram a ser utilizadas em pulverizadores autopropelidos e outros veículos terrestres por volta dos anos 2000. Foi assim que se estabeleceu no mercado e na mente dos usuários o conceito que associa AP a duas grandes frentes: a aplicação de corretivos e fertilizantes em taxas variáveis, com base em amostragem georreferenciada de solo, e o uso de sistemas de direção automática e congêneres (MOLIN et al., 2015).

Amado et al. (2007) relataram que a AP se propõe a aumentar a eficiência e a rentabilidade da atividade agropecuária, com base no manejo localizado, respeitando a variabilidade de solo, planta e microclima existente na área.

Para Inamasu e Bernardi (2014), o conhecimento da variabilidade da produção e da sua qualidade é útil para qualquer cultura, sejam aquelas cultivadas em pequenas áreas como aquelas que ocupam grandes extensões de terra. Em seu livro Agricultura de Precisão – Resultados de um novo olhar, a AP desperta fascínio pela tecnologia e o futuro que ela representa, porém, aos mais conservadores, tende a gerar uma posição oposta de cautela e desconforto em relação ao novo, ou a mudança.

Segundo Shiratsuchi et al. (2014) a AP oferece uma infinidade de benefícios potenciais em rentabilidade, produtividade, sustentabilidade, dentre outros aspectos positivos. Utiliza abordagens científicas e modernas, combinadas com os conhecimentos tradicionais e tecnologias de informação para uma produção agrícola inteligente. Neste sentido, as técnicas de sensoriamento remoto, onde as informações da lavoura são obtidas de forma não destrutiva, rápida e por vezes à distância, tem se tornado de fundamental importância na obtenção e tratamento de dados de campo.

Com a expansão territorial da agricultura promovida pelo auxílio da mecanização, áreas cada vez maiores começaram a ser cultivadas e esse detalhamento foi sendo desconsiderado e as grandes áreas passaram a ser geridas como se fossem homogêneas. Diante da necessidade de dar um novo foco para a agricultura, surgiu a atual agricultura de precisão (MOLIN et al., 2015). Segundo Inamasu et al. (2014), na agricultura de precisão, já existem trabalhos, não só sobre

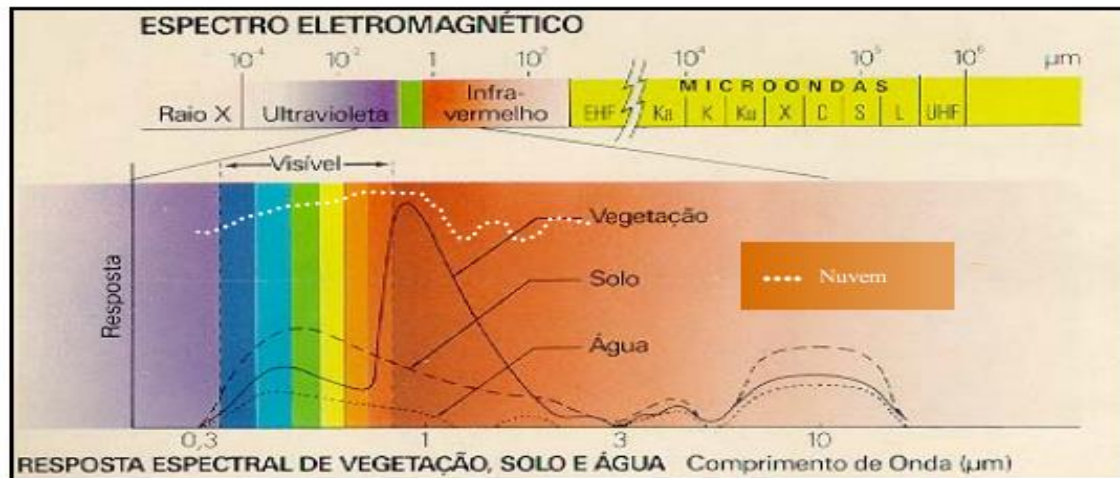
a variabilidade espacial dos solos e fertilidade, mas também envolvendo condutividade elétrica, análise foliar, sensoriamento remoto com uso de imagens orbitais e aéreas, aeronaves remotamente pilotadas, dados multiespectrais e hiperespectrais obtidos por espectrorradiometria, sistemas de informações geográficas e a aplicação da agrometeorologia, novas tecnologias e conceitos para serem usados no manejo de nossas lavouras, pomares e florestas.

## 2.3 SENSORIAMENTO REMOTO

Jensen (2007) define o Sensoriamento Remoto (SR) como a arte e a ciência de obter informações sobre objetos, sem que haja contato físico direto com os mesmos. O sensoriamento remoto é definido como a tecnologia que permite obter dados da superfície terrestre, por meio da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície (ROSA, 2005; FLORENZANO, 2007). Os sistemas de sensoriamento remoto ainda são definidos por Formagio e Sanches (2017) como conjuntos compostos de plataformas e sensores e que captam a radiação eletromagnética (REM) emitida e/ou refletida pelos objetos da superfície terrestre.

Segundo Moraes (2015), a energia eletromagnética pode ser ordenada de maneira contínua em função de seu comprimento de onda ou de sua frequência, sendo esta disposição denominada de espectro eletromagnético. O espectro eletromagnético se estende desde comprimentos de onda muito curtos associados aos raios cósmicos, até as ondas de rádio, que possuem baixa frequência e grandes comprimentos de onda, como mostra a Figura 2. À medida que se avança para a direita do espectro eletromagnético, as ondas apresentam maiores comprimentos de onda e menores frequências. Aí encontramos as regiões de radiação gama, raio X, ultravioleta, visível, infravermelho, sendo esta, dividida em infravermelho próximo, médio e distante, tendo na sequência as micro-ondas e as ondas de rádio.

Figura 2 – Espectro eletromagnético



Fonte: Adaptado de Moraes (2015)

Liu (2007) e Jensen (2010) apresentam uma série de aplicações do sensoriamento remoto que vão desde o estudo de ambientes naturais e transformados e o monitoramento de fenômenos ambientais, até a previsão de safras agrícolas. Destacam inclusive, que o sensoriamento remoto é uma ferramenta que tem também um grande potencial de uso no manejo de sistema de agricultura de precisão, sistema que, segundo Molin (2004), tem como elemento-chave o gerenciamento da variabilidade espacial e temporal da produção e dos fatores nela envolvidos.

### 2.3.1 Sensoriamento remoto na agricultura

De modo mais abrangente, Jensen (2007) conceitua sensoriamento remoto como o registro de informações da região do ultravioleta, visível, infravermelho e micro-ondas do espectro eletromagnético, sem contato com os alvos, por meio de instrumentos tais como câmeras, escâneres, lasers, dispositivos lineares ou matriciais, localizados em plataformas como aeronaves e satélites, e inclui nesse conceito, a análise da informação adquirida por meio visual ou processamento digital de imagens.

Atzberger et al. (2013) afirmam que o sensoriamento remoto pode contribuir de modo significativo na obtenção de dados sobre o setor agrícola, sendo provável que as geotecnologias são o melhor meio, levando em conta o custo-benefício, para levantamento de informações detalhadas e confiáveis de grandes áreas e aponta as

possíveis contribuições do SR na área da agricultura. Entre eles, citam a estimativa de biomassa e de produtividade, mapeamentos de distúrbios e de stress, avaliações de eventos climáticos desastrosos sobre as produções agrícolas, informações para seguros agrícolas, identificação de padrões de plantio e de sistemas de produção agrícola e o mapeamento do desenvolvimento fenológico das culturas.

O sensoriamento remoto tem experimentado significativos avanços desde as primeiras décadas do século XX, quando as fotografias aéreas começaram a ser vistas como ferramentas de grande potencial para a obtenção de informações sobre áreas agrícolas e florestais de extensões variadas. Segundo Shimabukuro et al. (2009), as pesquisas e os desenvolvimentos dos primeiros tempos buscavam entender as mudanças de refletância e emitância das folhas vegetais em função de sua espessura, espécies, estrutura do dossel, idade, densidade no dossel, estado nutricional e hídrico. Mais tarde se verificou, então, que os pigmentos foliares, em especial as clorofilas, que são responsáveis por absorções preferenciais em diferentes comprimentos de ondas do espectro óptico (~ 400 nm a 2500 nm), constituem-se nas bases para o uso da refletância, tanto em índices de vegetação de sensores de banda larga, como também para os de sensores de banda estreita, como os espectrômetros hiperespectrais.

Moraes (2015) explica o comportamento espectral dos objetos naturais. O fluxo de energia eletromagnética incidente sobre um objeto sofre interações com o material que o compõe e é total ou parcialmente refletido, absorvido e transmitido por ele. Essa capacidade que os objetos naturais têm de refletir, absorver e transmitir a energia eletromagnética se chamam de reflectância, absortância e transmitância, sendo que os valores variam de 0 a 1. Molin, Amaral e Colaço (2016) afirmam que o sensoriamento remoto na agricultura, parte do princípio de que cada alvo tem uma característica única de reflexão e emissão de energia eletromagnética. Esse comportamento espectral de um objeto pode ser definido como sendo o conjunto dos valores sucessivos da reflectância do objeto ao longo do espectro eletromagnético, também conhecido como a assinatura espectral do objeto (MORAES, 2015).

Os dados multiespectrais dos sensores orbitais têm grande utilidade para os objetivos do sensoriamento remoto na agricultura (FORMAGIO; SANCHES, 2017), assim como os sensores multiespectrais embarcados em ARPs. Para Furlanetto et al. (2017), a utilização de câmeras multiespectrais acopladas em ARPs minimizam o

custo das operações e tornam-se um meio rápido e preciso para avaliar o ciclo de desenvolvimento agrícola.

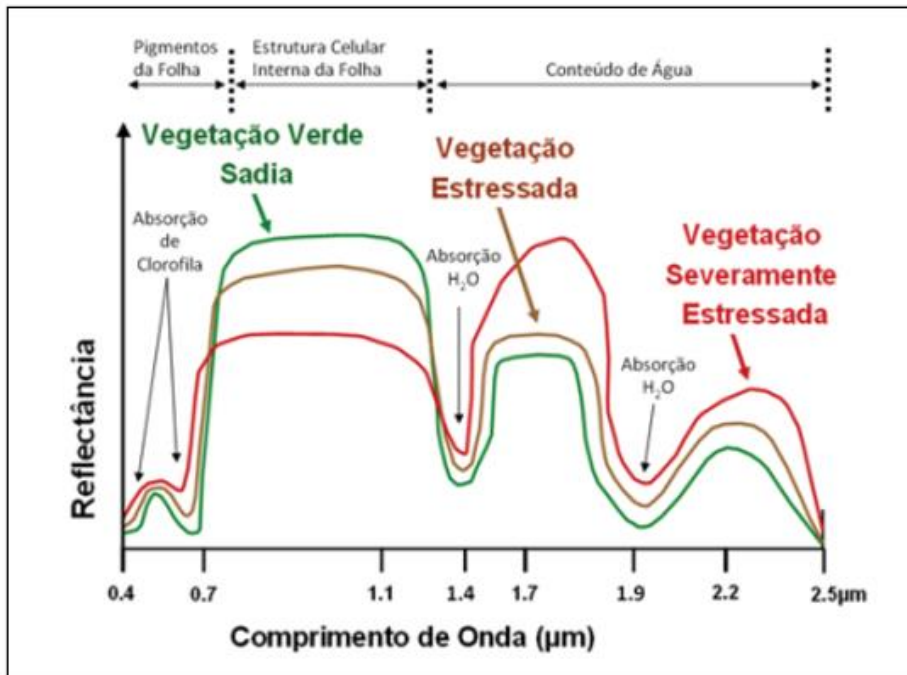
Nos comprimentos de onda no NIR (do inglês near-infrared ou infravermelho próximo), a refletância da vegetação é influenciada pela estrutura interna das folhas, em particular, o tamanho, a forma e a distribuição de ar e água no interior da folha (CHUVIECO, 1996; KNOX, 1997; KUMAR, 1998; CASTRO; JORGE; INAMASU, 2014).

Nos comprimentos de onda da região do infravermelho médio, a refletância da vegetação é determinada pela absorção de água (KAUFMAN; REMER, 1994), assim como pela presença de bioquímicos como lignina, celulose, amido, proteínas e nitrogênios (GUYOT; GUYON; RIOM, 1989; KUMAR et al., 2001; CASTRO; JORGE; INAMASU, 2014). Pode-se observar na Figura 3, o comportamento espectral conforme a refletância da vegetação na região do espectro eletromagnético. Cabe ressaltar as regiões do espectro visível (RGB) até o infravermelho próximo (entre 430 e 1100 nm). As folhas mortas refletem a luz solar em níveis muito parecidos nos comprimentos de onda da região do RGB (entre 400 e 700 nm), e absorvem as do comprimento de onda do NIR (700 e 1100 nm), ou seja, absorvem a energia eletromagnética nesses comprimentos de ondas. As folhas de plantas estressadas refletem na região do verde (G) ao NIR, absorvendo na região espectral do azul (B) e do vermelho (R). Já as plantas saudáveis diferem das plantas estressadas na refletância na região do NIR, refletindo mais neste comprimento de onda em relação ao RGB. Também, em relação à vegetação saudável, pode-se observar que na região do visível (RGB) há uma absorção da energia eletromagnética na região do azul (B) e do vermelho (R) e uma maior refletância na região do verde (G), o qual explica porque a vegetação é percebida na cor verde (FORMAGIO; SANCHES, 2017).

Foram desenvolvidos, paralelamente aos novos sensores imageadores que apresentam resoluções espaciais e espectrais cada vez melhores, os *softwares* de processamento de imagens digitais, que estão mais eficientes, bem como os modelos de simulação da refletância de dosséis vegetais, que vêm conseguindo descrever, os processos de interação entre a energia eletromagnética e os dosséis. O entendimento da refletância da folha e do dossel vegetal gera vários tipos de informações especializadas e georreferenciadas sobre áreas agrícolas e florestais, como, por exemplo a área foliar, a porcentagem de cobertura verde sobre a superfície, a

biomassa, o tipo de cobertura vegetal, os componentes bioquímicos, os teores de umidade entre outros. (SHIMABUKURO et al., 2009)

Figura 3 – Comportamento espectral da vegetação.



Fonte: Adaptado de Saunders, Burson e Thompson (1999).

Jensen (2007) destaca a necessidade de utilizar modernos sensores embarcados nas plataformas orbitais e suborbitais e indica áreas correlatas e imprescindíveis ao SR, como a geomática, a cartografia, a estatística, a computação, o processamento digital de imagens, o reconhecimento de padrões e a inteligência artificial.

Formaggio e Sanches (2017) destacam o papel dos *softwares* de processamento digital, que corrigem as distorções provenientes de ruídos como influências atmosféricas, nuvens ou as introduzidas durante o processo de registro inerentes tanto às plataformas quanto as de rotação terrestre (esfericidade e relevo) e além disso permitem diferentes tipos de realce, filtragem, composição de bandas espectrais e classificações. Destacam também o papel dos SIGs (Sistemas de Informações Geográficas). Segundo Burrough e MacDonell (2009), um sistema de informações geográficas pode ser descrito como uma tecnologia computacional, desenvolvida a fim de capturar, armazenar, manipular e visualizar dados

georreferenciados. Atualmente, os SIGs são dotados de uma vasta e complexa lista de ferramentas para processamento e análises de dados espaciais. As recentes melhorias nas interfaces gráficas e a disseminação de dados georreferenciados, como imagens de satélite e mapas temáticos, contribuíram fortemente para a popularização desta tecnologia (REIBEL, 2007), que se tornaram ferramentas indispensáveis na agricultura de precisão (TSCHIEDEL; FERREIRA, 2002).

### **2.3.2 As aeronaves remotamente pilotadas (RPAs)**

A utilização de Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP), ou no inglês *Remotely Piloted Aircraft Systems* (RPAS) faz parte do cotidiano, em nível global, seja pelo seu uso recreativo, seja pelo uso profissional. No uso profissional, os RPAS constituem uma parte importante e cada vez mais influente no rumo das pesquisas e análises para projetos em inúmeras áreas. A indústria de RPAS, traz ao mercado plataformas e sensores cada vez mais específicos para cada nicho de mercado, propiciando assim, um número cada vez maior de usuários (EUGENIO; ZAGO, 2019).

De acordo com Munaretto (2017), são várias as nomenclaturas que significam aeronaves remotamente pilotadas (ARP). Muitos outros termos equivalentes podem ser encontrados na literatura aeronáutica. Conforme Fucci (2016), assim como em várias das tecnologias desenvolvidas pelo homem, a tecnologia dos Drones teve a sua origem na área militar, intitulados de Veículos Aéreos não tripulados – VANT ou RPAS, *Remotely Piloted Aircraft Systems*. O termo Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) utilizado no Brasil é uma adaptação do termo em inglês *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) e, segundo Eisenbeiss (2009), se refere a qualquer veículo que possa voar e ser controlado sem a necessidade de uma pessoa a bordo.

Segundo a Agência Nacional de Aviação Civil (2017), o termo drone é usado popularmente para descrever qualquer aeronave com alto grau de automatismo. De forma geral, toda aeronave drone é considerada uma aeronave não tripulada categorizada como aeromodelo, RPA ou aeronave não tripulada autônoma. Pelo regulamento da ANAC (2017), aeromodelos são aeronaves não tripuladas utilizadas para lazer. RPAs são aeronaves não tripuladas usadas para outros fins, como corporativo ou comercial. Aeronaves não tripuladas autônomas, nas quais não há interferência do piloto

durante o voo, não estão contempladas na norma e sua utilização é proibida no Brasil. A Figura 4 mostra o foco principal dessa regulamentação.

Figura 4 – Diferença entre uso de aeronaves não tripuladas recreativo e não recreativo.



Fonte: ANAC (2017).

As RPAs estão divididas em três classes, de acordo com o peso máximo de decolagem (PMD), no qual devem ser considerados os pesos do equipamento, da bateria ou combustível, e da carga eventualmente transportada (carga útil), em:

Classe 1 – RPA: Peso máximo de decolagem maior que 150 kg;

Classe 2 – RPA: Peso máximo de decolagem maior que 25 kg e até 150 kg;

Classe 3 – RPA: Peso máximo de decolagem de até 25 kg.

Na

Figura 5, tem-se um resumo da regulamentação da ANAC em relação as RPAs.



Figura 5 – Resumo da regulamentação da ANAC.

	RPA Classe 1	RPA Classe 2	RPA Classe 3	Aeromodelos
Registro da aeronave?	Sim	Sim	BVLOS: Sim VLOS: Sim <sup>1</sup>	Sim <sup>1</sup>
Aprovação ou autorização do projeto?	Sim	Sim <sup>2</sup>	Apenas BVLOS ou acima de 400 pés <sup>2</sup>	Não
Limite de idade para operação?	Sim	Sim	Sim	Não
Certificado médico?	Sim	Sim	Não	Não
Licença e habilitação?	Sim	Sim	Apenas para operações acima de 400 pés	Apenas para operações acima de 400 pés
Local de operação	A distância da aeronave não tripulada NÃO poderá ser inferior a 30 metros horizontais de pessoas não envolvidas e não anuentes com a operação. O limite de 30 metros não precisa ser observado caso haja uma barreira mecânica suficientemente forte para isolar e proteger as pessoas não envolvidas e não anuentes. Esse limite não é aplicável para operações por órgão de segurança pública, de polícia, de fiscalização tributária e aduaneira, de combate a vetores de transmissão de doenças, de defesa civil e/ou do corpo de bombeiros, ou operador a serviço de um destes.			

<sup>1</sup> Todos os aeromodelos acima de 250 gramas e RPA entre 250 gramas e 25 kg que se destinem a operações na linha de visada visual (VLOS) até 400 pés acima do nível do solo, devem ser cadastrados por meio de ferramenta online disponível no endereço [sistemas.anac.gov.br/sisant](http://sistemas.anac.gov.br/sisant).

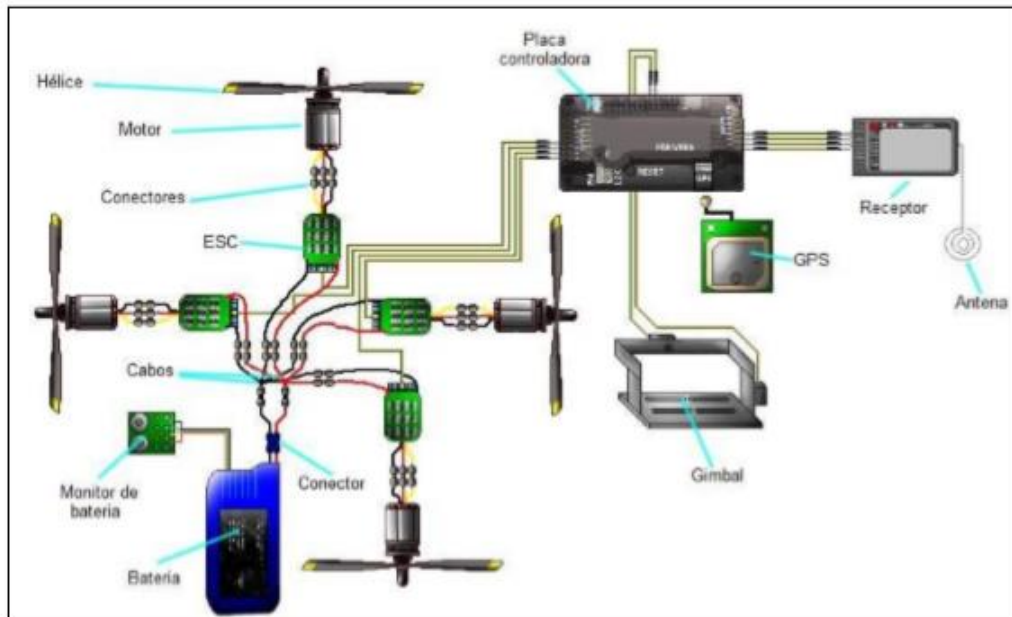
<sup>2</sup> Para todos os sistemas de RPA Classe 2 e os de RPA Classe 3 que se destinam a operações além da linha de visada visual (BVLOS) ou acima de 400 pés, o fabricante pode optar pelo processo de certificação de tipo estabelecido no RBAC nº 21 ou pela autorização de projeto na Subparte E do RBAC-E nº 94.

Fonte: ANAC (2017).

Conforme Eugenio e Zago (2019), embora os principais *layouts* das RPAS sejam os de asa fixa (decolagem horizontal) e multirrotor (decolagem vertical), existem inúmeras plataformas e combinações desses sistemas, como de apenas um motor (similar a um helicóptero), multirrotores de 3, 4, 6, 8 ou mais motores e os híbridos, que usam motores elétricos e a combustão combinados, dentre outros. Abaixo apresentamos *layout* de um sistema multirrotor com quatro motores (Figura 6) e um *layout* de um sistema de asa fixa (Figura 7).

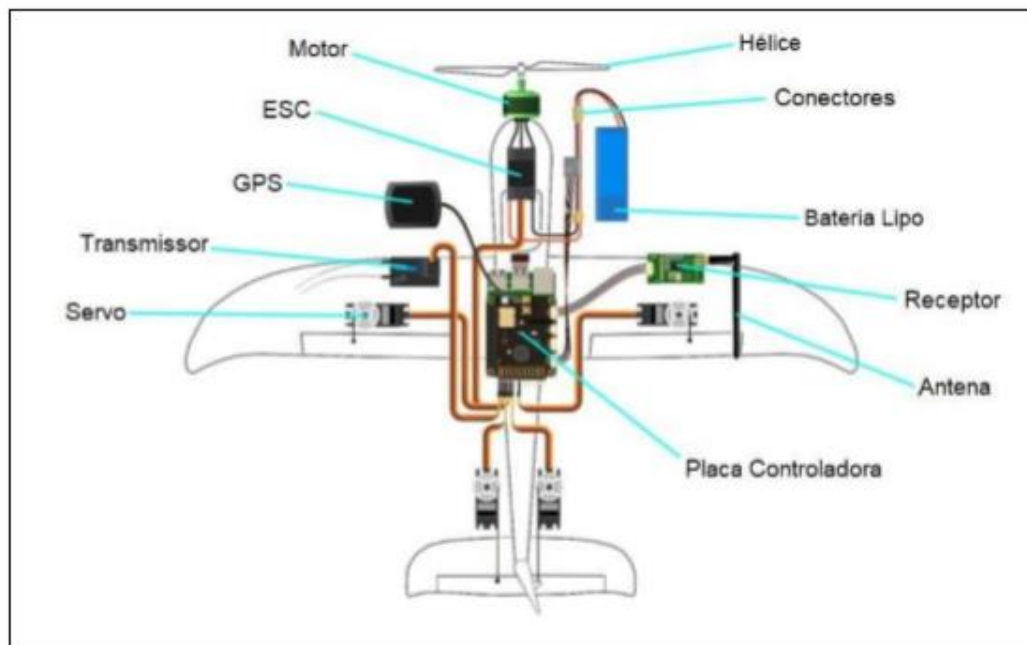
Além das diversas aplicações militares o uso dessas plataformas em aplicações civis está cada vez mais diversificado. Para Sarris (2001), alguns dos possíveis usos civis dos VANTs ou ARPs são o patrulhamento de fronteiras, sensoriamento remoto, detecção e monitoramento de queimadas, auxílio em situações de emergência e desastre, monitoramento de estruturas lineares como gasodutos e linhas de transmissão, pesquisa, monitoramento ambiental, segurança pública e fotogrametria.

Figura 6 – *Layout* básico de uma RPA multirrotores.



Fonte: Adaptado de Eugenio e Zago (2019).

Figura 7 – *Layout* básico de uma RPA de asa fixa.



Fonte: Adaptado de Eugenio e Zago (2019)

### 2.3.3 Aeronaves remotamente pilotadas como plataforma para o sensoriamento remoto na agricultura de precisão

O interesse do setor agrícola e de outros setores pelas aeronaves remotamente pilotadas já existe há algum tempo, como ferramenta para criação de novas alternativas para a agricultura e para outras áreas que demandam imagens de alta resolução e em tempo quase real (HERWITZ et al., 2004). Basta dizer que a primeira fotografia aérea em voo não tripulado foi feita por Arthur Batat em 1888, em que foi utilizada uma câmera instalada em uma pipa (PUSCOV, 2002). A Yamaha, empresa japonesa, foi a fabricante precursora no setor agrícola, ao desenvolver nos anos 80 um novo tipo de helicóptero não tripulado para fins de manejos na colheita e na pulverização, sendo o modelo RMAX considerado o marco inicial de desenvolvimento e concepção do uso de RPAs na agricultura (YAMAHA, 2002; DAMIAN et al., 2016).

No Brasil, os primeiros relatos de RPAs ocorreram na década de 80, quando o Centro Tecnológico Aeroespacial (CTA) desenvolveu o projeto Acauã. Na área civil, também na década de 80, se destaca o projeto helix, uma RPA de asa móvel que foi desativado nos anos seguintes por falta de mercado e incentivo do governo.

Atualmente, devido aos avanços recentes na tecnologia computacional, desenvolvimento de *software*, materiais mais leves, sistemas globais de navegação, avançados *links* de dados, sofisticados sensores e a miniaturização de eletrônicos, são os motivos do aumento de desenvolvimentos das RPAs. Atualmente, mais de 40 países tem trabalho de desenvolvimento de RPAs para diferentes mercados e, no Brasil, outras iniciativas criadas em universidades, se tornaram empresas que começam a atender o mercado com diferentes tipos de RPAs, como, por exemplo, empresa Flight Solutions, a XMobots, a Airship, a Skydrones, dentre outras. Além das iniciativas destas empresas, com a facilidade de componentes disponíveis via internet, mais de 2000 sistemas já foram montados e se encontram em operação no Brasil (JORGE; INAMASU, 2014).

Gonzáles et al. (2015), relataram as vantagens e desvantagens do uso das ARPs. Segundo eles, as RPAs têm uma grande vantagem e sua alta resolução espacial e temporal, se comparada às imagens de satélite de dados abertos. Como outro fator muito favorável, é possível o imageamento com tempo nublado. No entanto, um fator que prejudica o uso de drones é a autonomia de voo, e isso reduz consideravelmente as informações capturadas em relação ao tempo. Existem

alternativas que ainda não foram propostas e que podem atenuar essa deficiência e estão diretamente relacionadas à operabilidade das RPAs, que atendam a melhores linhas e projetos de voo parametrizados, para maior cobertura e capacidade de manobra, buscando melhora quanto aos dados a serem capturados.

Segundo Molin et al. (2015), nos últimos anos, as RPAs têm um grande destaque no âmbito da Agricultura de Precisão. A principal vantagem dessa tecnologia é a sua agilidade e flexibilidade o que permite a obtenção de dados na lavoura no tempo que o agricultor julgar necessário sem a dependência da resolução temporal dos sensores orbitais e do fretamento de voos com aviões tripulados. Esse tipo de sensoriamento, pode ser considerado de baixo custo, rápido e prático. Com a utilização de câmeras sensíveis à radiação do espectro visível e infravermelho próximo acopladas a uma RPA. Isso vem ao encontro com Crusiol et al. (2017), que relataram a rápida aquisição de informações em amplas extensões territoriais e uma boa geração de índices de vegetação com valores condizentes com aqueles obtidos pelo espectrorradiômetro de campo.

É fato que, a partir das RPAs, é possível obter a espacialização dos elementos presentes em uma área de interesse definido. No caso de fazendas, elas são de grande ajuda para a análise das culturas e a tomada de decisões apropriadas e relevantes para melhorar a produtividade do setor agrícola. Em caso de problemas no campo, com o apoio das RPAs, soluções abrangentes e mais eficazes são alcançadas (GONZÁLEZ et al., 2015).

A utilização de aeronaves remotamente pilotadas no sensoriamento remoto vem sendo discutido por vários autores como Everaerts (2008), Longhitano (2010), Eisenbeiss et al. (2011), Moutinho (2015), Cândido et al. (2015), Munaretto (2017), Carvalho (2019), dentre vários outros autores, com foco na agricultura.

#### **2.3.4 Sensores**

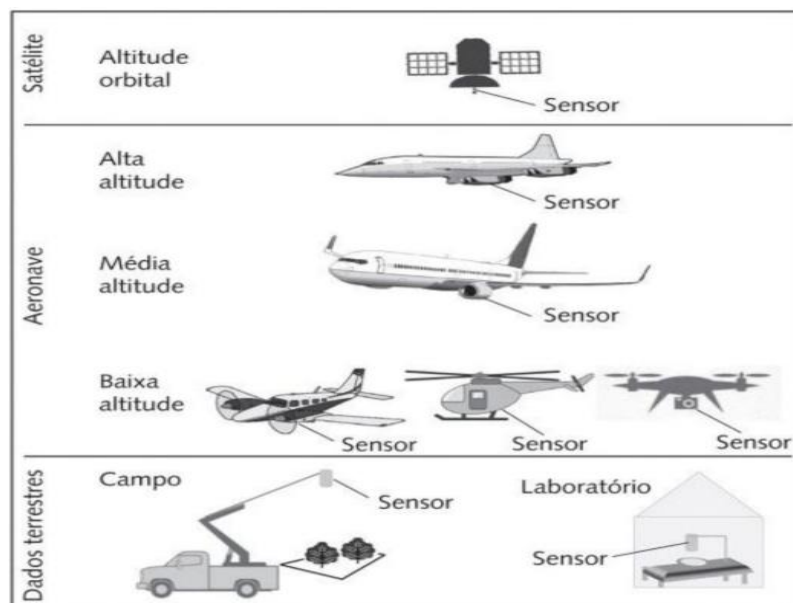
Os sistemas de sensoriamento remoto são conjuntos formados por plataformas e sensores que captam a radiação eletromagnética (REM) emitida e/ou refletida dos objetos da superfície terrestre (FORMAGGIO; SANCHES, 2017).

Segundo Moraes (2015), os sensores remotos são dispositivos capazes de detectar, em determinadas faixas do espectro eletromagnético, a energia eletromagnética proveniente de algum objeto, transformá-la em sinal elétrico e

registrá-la, de tal forma que, esse dado possa ser armazenado ou transmitido e posteriormente convertido em informações que possam descrever as feições dos objetos que compõem a superfície terrestre.

Moreira (2007) explica que o processo de aquisição de dados espectrais pode ser feito em três níveis dependendo da localização dos sistemas sensores: terrestre, se estiverem instalados em mastros, tratores, implementos, dentro de laboratórios ou ainda de forma manual; suborbital, geralmente em aeronaves; e orbital, onde se empregam os satélites não tripulados e/ou balões. Já Formaggio e Sanches (2017), classificam os níveis de coleta do SR, em função da distância entre o sensor e o objeto estudado e citam, genericamente os níveis orbital, aéreo, de campo e de laboratório (Figura 8).

Figura 8 – Diferentes níveis de coleta de dados no Sensoriamento Remoto.

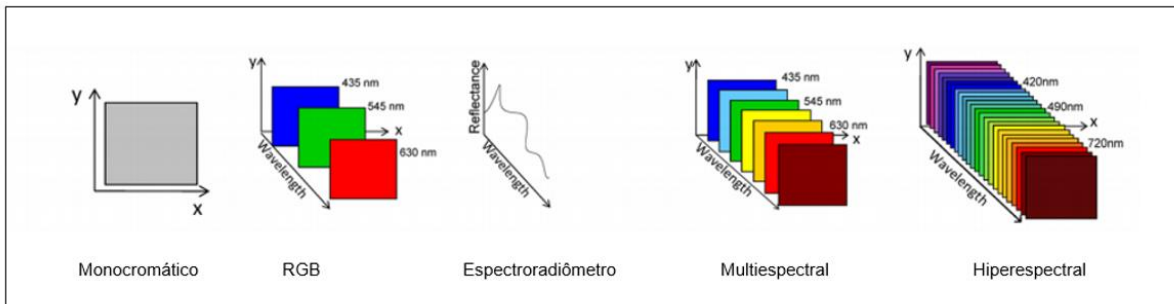


Fonte: Adaptado de Formaggio e Sanches (2017)

As variações de energia eletromagnética podem ser captadas por sistemas imageadores (câmeras e scanners) que fornecem uma imagem da área observada e não imageadores (radiômetros e espectrorradiômetros), que fornecem dados em formato numérico ou na forma de gráficos (FORMAGGIO; SANCHES, 2017). Li et al. (2013), quando revisou a tecnologia de imagem em engenharia biomédica, ilustrou bem a comparação das características dos sensores monocromático, RGB,

multiespectral, espectroradiômetro e hiperspectral, e os seus respectivos comprimentos de onda (Figura 9).

Figura 9 – Comparação das características dos sensores monocromático, RGB, espectroradiômetro, multiespectral e hiperspectral.



Fonte: Adaptado de Li et al. (2013)

Segundo esses autores, os sensores multiespectrais possuem várias bandas espectrais e tem grande utilidade para os objetivos do SR na agricultura. Já os sensores hiperspectrais permitem a obtenção de espectros praticamente contínuos de cada pixel, o que possibilita extrair informações até mesmo da composição química dos materiais da superfície terrestre. Dessa forma, já é possível antever, com os progressos tecnológicos, o próximo avanço no setor de sensores, que serão chamados de ultraespectrais, porque conseguirão coletar dados em milhares de bandas espectrais, em que se vislumbra possibilidades de detalhamento extremo sobre os alvos da superfície terrestre.

Como indicador de estresse, os sensores se dividem em sensores que detectam a transpiração e a redução de absorção de CO<sub>2</sub> nas plantas ou a redução na fotossíntese. No caso de estresse hídrico, a temperatura aumenta, podendo ser detectada com câmeras térmicas ou termais. No caso de estresse nutricional pode ser observada a degradação do pigmento fotossintético (JORGE; INAMASU, 2014).

Importante saber sobre as resoluções dos sensores, sendo resolução espacial, radiométrica, espectral e temporal. Segundo Menezes e Almeida (2012) e Formaggio e Sanches (2017), a resolução espacial corresponde ao tamanho individual do menor elemento da imagem (pixel), o qual por sua vez determina o objeto de menor dimensão que poderá ser identificado no terreno. Esse objeto só poderá ser identificado na imagem se tiver tamanho igual ou maior que a resolução espacial obtida.

A resolução radiométrica, segundo Crisp (2001), refere-se a menor variação de intensidade possível de ser detectada pelo sensor. Já Schowengerdt (1983) diz que resolução radiométrica se refere à capacidade do sensor em detectar as variações da radiância espectral recebida. Explica que a radiância de cada pixel passa por uma codificação digital, obtendo um valor numérico expresso em bits, denominado número digital (ND). Este valor é traduzido para uma intensidade visual ou nível de cinza, localizado num intervalo finito (0; K-1), onde k é o número de valores possíveis, denominados de níveis de quantização.

Quando falamos em resolução espectral, Formaggio e Sanches (2017), explicam que tratamos das possíveis variações de largura das bandas espectrais e de seus posicionamentos ao longo do espectro da REM. Ou seja, um sensor com elevado número de bandas espectrais ou canais espectrais será chamado de sensor de alta resolução espectral e vice-versa. Diferentes tipos de objetos da superfície terrestre apresentam distintos comportamentos em relação às interações com a REM. Esses comportamentos servem para distinguir esses objetos se utilizando imagens obtidas por sensores remotos. Dessa forma, grandes grupos de objetos como água, solo e vegetação são facilmente distinguíveis usando intervalos amplos de comprimento de onda. Contudo, para classificação mais específica, como tipos de vegetação ou solo, demandará intervalos espectrais mais estreitos.

A resolução temporal refere-se à frequência (geralmente em dias ou horas) em que um determinado sensor pode capturar imagens consecutivas de um determinado alvo. A frequência de imageamentos de um sensor depende, entre outros fatores, da característica da órbita do satélite, da resolução espacial e da largura de imageamento do sensor (SHIMABUKURO et al., 2009).

#### *2.3.4.1 Sensores embarcados em RPA*

Segundo Moraes (2015), em nível de aeronaves, os dados de sensoriamento remoto podem ser adquiridos por sistemas sensores de varredura óptico-eletrônico, sistemas fotográficos ou radar, e a resolução espacial destes dados dependerá da altura do voo no momento do aerolevanteamento. Gonzales et al. (2015), relatam que a plataforma aérea possui uma câmera digital de bolso com a qual são obtidas as imagens de seus sensores. Isso corrobora com a necessidade de termos sensores

com tamanho reduzido, devido à necessidade da redução de peso dos sistemas de aeronaves remotamente pilotadas (SARP).

#### 2.3.4.1.1 Sensores RGB

De acordo com Inamasu e Jorge (2014), os sensores RGB são sensores que operam no espectro do visível (0,4 a 0,7 $\mu$ m) sendo possível obter imagens que auxiliam o produtor a visualizar falha de plantio, alterações no dossel, variando resoluções de centímetros a metros, dependendo da altura de voo e lente utilizada.

Segundo Novo (2015), é na região do visível que os pigmentos existentes nas folhas dominam a reflectância. São eles, portanto, que definem a forma da curva dos fatores de reflectância nessa região espectral. Esses pigmentos, geralmente encontrados nos cloroplastos, são as clorofilas, carotenos e as xantofilas. Os valores percentuais desses pigmentos existentes nas folhas podem variar intensamente de espécie para espécie.

Munaretto (2015), comenta que os sensores na faixa do visível (RGB) são muito usados para monitoramento de obras, agricultura e mineração e são também os mais utilizados nas RPAs.

Amaral et al. (2017) realizou um estudo de caso com sensor RGB embarcado em RPA e obteve fotografias aéreas verticais para gerar um ortomosaico, que servisse de base cartográfica para a silvicultura. O sensor RGB utilizado no trabalho foi da marca Canon, modelo G9X que possui um sensor de 20,2 megapixels (MP), com dimensões de 13.200 mm x 8.800 mm, sendo de alta sensibilidade, com uma lente grande angular contendo distância focal variável de 28 a 80 mm, para obtenção das fotografias aéreas.

Os sensores RGB são os mais comuns e acessíveis em termos de custo. Alguns exemplos de sensores RGB, que podem ser embarcados em RPAs, são câmeras digitais (Figura 10) Sony RX100 MKIII; Canon S110; Canon G9x (Figura 10a); Sony A6000 (Figura 10b), além de câmeras que integram as aeronaves que são do próprio fabricante, como os da *DJI*, a exemplo da *DJI Zenmuse* (Figura 10c).



Figura 10 – Câmeras digitais dos fabricantes Canon, Sony e DJI.



Fonte: Canon (2017), SONY (2018) e DJI (2019).

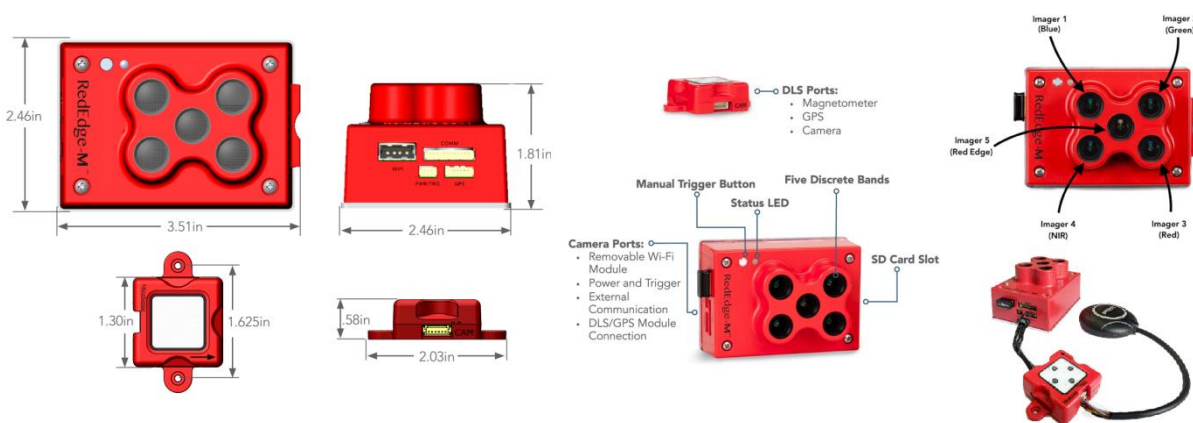
#### 2.3.4.1.2 Sensores multiespectrais

Segundo Li et al. (2013), a imagem espectral também é conhecida como espectroscopia de imagem. Refere-se à tecnologia que integra imagens convencionais e métodos de espectroscopia para obter informações espaciais e espectrais de um objeto. Os sistemas de imagem multiespectral geralmente coletam dados em poucas e relativamente não-contíguas bandas espectrais, tipicamente medidas em micrômetros ou dezenas de micrômetros. As câmeras geralmente usadas na agricultura operam na faixa do azul, verde, vermelho, vermelho distante ou borda do vermelho e infravermelho e possuem bandas estreitas (EUGENIO e ZAGO, 2019). Essas bandas espectrais são selecionadas para coletar intensidade em partes especificamente definidas do espectro e otimizado para certas categorias de informações mais evidentes nessas bandas (LI et al., 2013). As bandas espectrais são selecionadas dentro da chamada janela atmosférica espectral, que é compreendida pelos comprimentos de onda que a atmosfera terrestre permite que cheguem ao solo, interajam com os alvos e retornem ao espaço, sendo capturadas pelo sensor em alguma altura em relação a superfície terrestre (MORAES, 2015; NOVO, 2010).

Segundo Moraes (2015), os sensores remotos são ferramentas indispensáveis para a realização do monitoramento de recursos naturais. De acordo com a autora, os sensores, que podem ser embarcados em RPAS, podem ser classificados pelo sistema como imageadores, passivos ou ativos e com nível de aquisição de dados sub-orbital.

Existem atualmente vários sensores disponíveis no mercado. Um dos sensores/câmeras embarcados em RPAS, mais usados são os sensores da fabricante *Micasense*. Dentre eles, a câmera *Micasense Red Edge-M* (Figura 11). Esta câmera foi originada da câmera *Micasense Red Edge* e teve seu tamanho e peso diminuídos para poderem ser embarcadas em RPAS de asa fixa de pequeno porte.

Figura 11 – Câmera multiespectral *Red Edge-M*, *Micasense*



Fonte: Micasense (2017).

Este sensor possui cinco sensores nas bandas espectrais azul, verde, vermelha, borda vermelha e infravermelho próximo, com resolução de 1280 x 960 (1,2 MP por banda EO). As bandas espectrais do sensor são capturadas nos comprimentos de onda, azul (centro de 475 nm, largura de banda de 20 nm), verde (centro de 560 nm, 20 nm de largura de banda), vermelho (centro de 668 nm, largura de banda de 10 nm), borda vermelha (centro de 717 nm, largura de banda de 10 nm) e infravermelho próximo (centro de 840 nm, largura de banda de 40 nm). Segundo o fabricante, as imagens são calibradas pelo sensor de luz, o DLS – *Downwelling Light Sensor*, de forma automática, a cada disparo e pelo painel de calibração, com fotos tiradas antes e depois do voo e inseridas no software de processamento de imagens, realizando as correções radiométricas necessárias para garantir a qualidade dos

dados. O sensor de luz realiza medições de irradiância e ângulo do sol, fornece dados precisos e confiáveis e melhora substancialmente a precisão radiométrica das fotos (MICASENSE, 2017). Embora o fabricante não o fabrique mais, o custo desse equipamento gira em torno de US\$ 6.000 (MERCADO LIVRE, 2020).

A evolução desse sensor, que tem o DLS e o GPS integrados, é o sensor/câmera *Micasense Red Edge-MX* (Figura 12), que captura fotos aéreas verticais no comprimento de onda Azul (centro de 475 nm, largura de banda de 20 nm), verde (centro de 560 nm, largura de banda de 20 nm), vermelho (centro de 668 nm, largura de banda de 10 nm), borda vermelha (centro de 717 nm, largura de banda de 10 nm) e Infravermelho próximo (centro de 840 nm, largura de banda de 40 nm) (MICASENSE, 2019). O custo desse sensor gira em torno de US\$ 9.000 (MERCADO LIVRE, 2020).

Figura 12– Câmera multiespectral *Red Edge-MX*, *Micasense*.



Fonte: Micasense (2019)

A maior fabricante de drones mundial a DJI, lançou, recentemente o P4 multiespectral, RPA de asa rotativa que possui um sensor RGB e multiespectral embarcado (Figura 13), com seis sensores CMOS 1/2.9", incluindo um sensor RGB para imagens de luz visível e cinco sensores monocromáticos para imagens multiespectrais, que capturam fotos verticais, nos comprimentos de ondas azul, com largura de 16nm e centro de 450 nm, verde, com largura de 16 nm e centro de 560 nm, vermelho com largura de 16 nm e centro em 650 nm, borda vermelha, com largura

de 16 nm e centro de 730 nm e infravermelho próximo, com largura de 26 nm e centro em 840 nm.

O custo para aquisição da aeronave com esse sensor embarcado gira em torno de US\$ 10.000.

Figura 13 – Sensor RGB e multiespectral DJI P4 Multiespectral.



Fonte: DJI (2019).

Outro sensor, recentemente lançado pela Micasense, é o sensor Altum (Figura 14). Este sensor captura fotos aéreas verticais nos comprimentos de onda Azul (centro de 475 nm, largura de banda de 20 nm), verde (centro de 560 nm, largura de banda de 20 nm), vermelho (centro de 668 nm, largura de banda de 10 nm), borda vermelha (centro de 717 nm, largura de banda de 10 nm) e infravermelho próximo (centro de 840 nm, largura de banda de 40 nm). A principal diferença desse sensor/câmera é que ele possui uma resolução espacial melhor que seus antecessores (5 cm/pixel com altura de voo de 120 m para o sensor Altum e de 8 cm/pixel com altura de voo de 120 m, dos antecessores), e é equipado com sensor infra vermelho térmico, com resolução de 81 cm por pixel (térmico) a altura de voo de 120 m, calibrado radiometricamente. O custo desse sensor gira em torno de US\$ 15.000 (MERCADO LIVRE, 2020).

Figura 14 – Câmera multiespectral *Altum*, *Micasense*



Fonte: Micasense (2019)

A fabricante *Micasense* ainda oferece um sistema de câmera dupla (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), sendo uma solução sincronizada de 10 bandas para sensoriamento remoto avançado, formada por um kit, que inclui aos sensores *Micasense Red Edge-M* ou *Micasense Red Edge-MX*, em conjunto com sensor *Micasense Red Edge – Blue*, formando um sistema Dual-Câmera. O mesmo captura fotos aéreas verticais nos comprimentos de onda azul costeiro (centro de 444 nm, largura de banda de 28 nm), verde (centro de 531 nm, largura de banda de 14 nm), vermelho (centro de 650 nm, largura de banda de 16 nm), borda vermelha (centro de 705 nm, largura de banda de 10 nm) e infravermelho próximo (842 centro de nm, largura de banda de 57 nm). O fabricante promete com este equipamento a geração de inúmeros IV (índices de vegetação) com resolução espectral próxima dos obtidos pelos sensores orbitais (MICASENSE, 2019). O custo desse equipamento gira em torno de US\$ 14.000 (MERCADO LIVRE, 2020).

Figura 15 – Sistema *Dual Câmera multiespectral*, Micasense.



Fonte: Micasense (2020)

### 2.3.5 Fotogrametria com Drones

A fotogrametria, segundo ASP (1966), é a arte, ciência e tecnologia de obter informações confiáveis sobre objetos e do meio ambiente com o uso de processo de registros, medições e interpretações das imagens fotográficas e padrões de energia eletromagnéticos registrados.

Segundo Campitelli (2016), um mosaico de ortofotos ou ortomosaico é um produto gerado do processo de mosaicagem de várias ortofotos. Neste processo é realizada a busca de pontos homólogos entre duas ou mais imagens sobrepostas entre si, sendo esta sobreposição condição básica para o mesmo, no qual também é realizada a correção radiométrica das cores para que não ocorra descontinuidade entre elas. São necessários a sua obtenção o conjunto de fotografias aéreas, os parâmetros de orientação interior da câmara (distância focal; coordenadas do ponto principal do sensor  $(X_0; Y_0)$ ; coeficientes de distorção radial simétrica ( $k_1$ ,  $k_2$  e  $k_3$ ); coeficiente de distorção descentrada ( $P_1$ ,  $P_2$ ), parâmetros de orientação exterior da câmara (coordenadas dos centros perspectivos – CPs; ângulo de orientação das imagens  $Kappa$ ,  $fi$  e  $Omega$ ), que no caso das RPAs, o geotag das fotografias disponibiliza os ângulos de rotação da aeronave ( $yaw$ ,  $pith$  e  $roll$ ), e o modelo digital do terreno. Os pontos de apoio (GCP – *Ground Points Control*), quando disponíveis,

também entram neste processamento, sendo constituídos por coordenadas com alta precisão, que irão conferir precisão posicional ao ortomosaico em relação ao terreno (COELHO e BRITO, 2007; CAMPITELI, 2016).

Segundo Gonzales et al. (2015), os produtos básicos do sistema são ortofotos e modelos digitais de elevação (nuvem de pontos tridimensionais) com precisão de até 2 pixels de erro na posição horizontal e 5 pixels de erro na vertical. A ortofoto ou ortomosaico, que agora possui projeção ortogonal e não mais central como nas fotografias aéreas verticais brutas, esta geometricamente orientada sendo possível medir a superfície da plotagem e o diâmetro da copa de uma árvore por exemplo, enquanto no modelo tridimensional ou de elevação digital, o produto modelo pode ser interpretado para obter informações relacionadas às estruturas da vegetação ou de árvores, como a altura de uma árvore.

O GSD (*Ground Sample Distance*) é um dos conceitos mais importantes de um aerolevanteamento com RPA. Em uma tradução direta, significa “distância da amostra no terreno”. Conceitualmente, essa sigla corresponde à distância entre o centro de 2 pixels consecutivos medidos em um terreno. Quanto menor o valor do GSD, menor é a distância entre dois pixels e melhor a resolução espacial da imagem. Segundo Neto (2015), “o GSD equivale à porção do terreno que um pixel vai capturar”. Neto (2017) explica que a escolha do GSD influencia diretamente no nível de detalhe do mapeamento e na capacidade de mapeamento de um mesmo voo, pois, para aumentar o nível de detalhe, é necessário fazer um voo mais baixo, diminuindo a porção de terreno coberta por cada imagem e a área mapeada por voo.

## 2.4 ÍNDICES DE VEGETAÇÃO – IV

Os índices de vegetação (IV) são medidas radiométricas adimensionais, geradas por meio de transformações matemáticas, que se valem das propriedades multiespectrais dos sensores remotos. Os IV têm buscado explorar as propriedades espectrais da vegetação (folhas e outros componentes fotossinteticamente ativos), principalmente nas regiões do visível e do infravermelho próximo do espectro eletromagnético. Sua fundamentação reside no comportamento antagônico da reflectância da vegetação nas regiões mencionadas, com o qual pretendem indicar a abundância relativa e a atividade da cobertura vegetal (PONZONI; SHIMABUKURO, 2010; JENSEN, 2011).

Sanches e Formaggio (2017) definem os índices de vegetação (IV) como formulações matemáticas desenvolvidas a partir de dados espectrais obtidos por sensores remotos, principalmente nas bandas do vermelho e do infravermelho próximo, visando permitir avaliações e estimativas da cobertura vegetal de uma área, em termos de parâmetros como área foliar, fitomassa, percentagem de cobertura do solo e atividade fotossintética. Um índice espectral de vegetação é a integração de duas ou mais bandas espectrais, segundo determinado procedimento, cuja finalidade é realçar característica da vegetação como biomassa, vigor vegetativo, índice de área foliar, dentre outras características (MOREIRA, 2001). Essas formulações podem ser interpretadas como medidas semianalíticas da atividade da vegetação e têm sido largamente utilizadas em razão de conseguirem representar com fidedignidade das variações da folhagem verde, não somente em termos sazonais, mas também ao longo da superfície terrestre, com o objetivo de detectar variabilidades espacializadas (FORMAGGIO; SANCHES, 2017).

A determinação dos índices de vegetação demonstra o potencial de produtividade de grãos utilizando variados sistemas de manejo, que é uma relevante ferramenta para detectar os fatores limitantes e as estratégias adequadas de manejo da cultura (VILLALBA, 2012). Essas análises da vegetação e detecção de mudanças são realizadas com o intuito de avaliar os recursos naturais e monitorar a cobertura vegetal. Na sequência, a detecção qualitativa da vegetação verde é uma das principais aplicações do sensoriamento remoto na tomada de decisões e gerenciamento ambiental do alvo (MOREIRA, 2007).

Segundo Dusseux et al. (2015), os índices de vegetação são indicadores da condição em que se encontra a vegetação de uma determinada parcela, como por exemplo os valores de NDVI próximos a 1, que significam maior cobertura do solo com vegetação fotossinteticamente ativa, já valores de NDVI próximos de 0, correspondem a zonas de solo descoberto.

Conforme Sanches e Formaggio (2017), entre as principais contribuições dos dados de sensoriamento remoto para objetivos e aplicações em agricultura, situam-se aquelas relacionadas com o monitoramento e a estimativa de parâmetros biofísicos das culturas agrícolas.

Atualmente existem muitos IV, mas nesta pesquisa será apresentado, com maiores detalhes, os IV NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), NDRE (Índice de Red Edge por Diferença Normalizada), MPRI (Índice de Reflectância



Fotoquímico Modificado) e SAVI (Índice de Vegetação ajustado ao solo), por serem os IV utilizados na presente pesquisa.

#### 2.4.1 NDVI

O índice da diferença normalizada da vegetação (NDVI, *Normalized Difference Vegetation Index*) é o mais conhecido dos índices e foi proposto por Rouse et al. (1973). Como proposto por Cordeiro et al. (2005), na prática, o índice é calculado através da operação matemática entre bandas, definido pela diferença normalizada entre valores radiométricos locais de duas bandas diferentes de uma imagem multiespectral. Isso vale para a geração dos outros índices de vegetação.

O índice de vegetação por diferença normalizada tem sido utilizado para mensurar a coloração verde e o tamanho do aparato fotossintético das culturas (PIETRAGALLA; VEJA, 2012). Entretanto, Silva (2001) aponta que Deering, em 1978, foi quem normalizou esta razão dentro de um intervalo que varia de -1 a 1, por intermédio da razão da diferença dividida pela soma das bandas do vermelho e infravermelho próximo, como pode ser visto na equação 1. Os valores de NDVI variam em uma escala de -1 a 1, sendo que quanto maior o seu valor, maiores são as diferenças entre a reflectância do infravermelho próximo com o vermelho, o que indica, geralmente, maior quantidade de clorofila e vigor de desenvolvimento e, conseqüentemente, maior o potencial produtivo das plantas (RISSINI, 2011).

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (1)$$

onde

- NIR: Reflectância no infravermelho próximo;
- Red: Reflectância no vermelho.

De acordo com Oliveira (2015) o NDVI tem sido correlacionado com o teor de nitrogênio nas plantas, conteúdo de clorofila, biomassa foliar verde, parâmetros agrônômicos (produtividade, massa de grãos, entre outros) e fitopatológicos (incidência e severidade de doenças, área abaixo da curva de progresso da doença, patologia de sementes, grãos ardidos, etc.) e ainda utilizado para aplicação de

nitrogênio em taxas variáveis. Uma peculiaridade inerente ao NDVI é sua rápida saturação, que ocorre quando o índice atinge seu valor máximo. Isso o torna pouco sensível à detecção de variações no aumento da biomassa vegetal a partir de uma determinada fase de crescimento das plantas (ASRAR et al., 1984). A principal desvantagem do NDVI é a relação não linear com características biofísicas como biomassa e índice de área foliar (MYNENI et al., 1995). Geralmente, o NDVI atinge a saturação em condições de média à alta quantidade de biomassa e para certos índices de área foliar (IAF) (GITELSON et al., 2002). Myneni et al. (1997) mostraram um gráfico com a saturação do NDVI, de acordo com o aumento do IAF de diferentes culturas, mostrando que a saturação difere de cultura para cultura.

Dessa forma, o NDVI fornece informações que remetem ao estado nutricional e/ou sanitário da planta de soja, é um indicador da quantidade e condição da vegetação verde, representando o vigor da cultura, sendo obtido através de combinações da refletância medidas nas faixas espectrais do vermelho e infravermelho próximo do espectro eletromagnético (CORDEIRO et al., 2005).

#### 2.4.2 NDRE

O NDRE (*Normalized Difference Red Edge*) é um índice interessante para avaliar o teor de clorofila nas plantas, assim como sua captação de nitrogênio e a demanda de fertilizantes. Esse índice é largamente utilizado na AP, principalmente em plantas de maior porte, ou seja, que estão muito próximo da maturação fisiológica. Para o índice de vegetação NDRE (Equação (2)), tem-se a seguinte equação matemática (BARNES, 2000):

$$\text{NDRE} = \frac{\text{NIR} - \text{RedEdge}}{\text{NIR} + \text{RedEdge}} \quad (2)$$

onde:

- NIR: Reflectância no infravermelho próximo;
- Red Edge: Reflectância na borda do vermelho.

A diferença para o NDVI, é que o NDRE utiliza a banda na borda do vermelho (*Red Edge*). Conforme Carvalho (2019), a máxima absorção da clorofila se dá nas ondas vermelhas, sendo assim, a radiação vermelha não penetra muito além de

algumas camadas de folhas. Por outro lado, a radiação na borda vermelha, pode penetrar na camada de folhas de forma muito mais profunda em relação a luz azul ou vermelha. Assim, uma faixa de onda da borda vermelha pura será mais sensível a níveis médios e altos de clorofila e biomassa, portanto, detectando com maior sensibilidade o nitrogênio foliar, do que uma faixa de onda ampla, que engloba luz azul, vermelha ou ainda uma mistura de luz visível e infravermelho próximo. Desta forma, a utilização do IV NDRE se torna uma vantagem, já que é capaz de medir mais a fundo do dossel das plantas, além de ser menos propenso a saturação e fornece melhor resposta quando se trata de cultura permanente ou de estágio posterior e, sendo possível, apresentar uma medida de variabilidade melhor que o NDVI (TAIPALE, 2018).

### 2.4.3 SAVI

O IV SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index* – índice de vegetação ajustado ao solo) foi desenvolvido por Huete (1988) e representa uma melhoria do NDVI, pois minimiza os efeitos da cor do solo nos resultados obtidos pelo NDVI, já que ele sofre variações em virtude do background do solo (QI et al., 2000). O SAVI (Equação (3)), é obtido a partir da aplicação da constante L, que minimiza os efeitos da cor do solo nos seus resultados. A constante L varia entre 0 a 1, de acordo com a densidade da vegetação, sendo o valor 1 adotado para áreas com pouca cobertura vegetal. Já áreas com cobertura intermediária é representada por L=0,5, áreas muito densas, geralmente adota-se a constante L= 0,25. Quando o L é igual a 0, o SAVI é idêntico ao NDVI (HUETE, 1988; QI et al., 1994; MENESES, 2010).

$$SAVI = \frac{(1 + L)(NIR - Red)}{NIR + Red + L} \quad (3)$$

onde:

- NIR: Reflectância no infravermelho próximo;
- Red: Reflectância na borda do vermelho;
- L: Constante

#### 2.4.4 MPRI

Segundo Yang et al. (2008), o índice de vegetação MPRI (*Modified Photochemical Reflectance Index*), a exemplo do NDVI, também é baseado na diferença normalizada entre duas bandas, porém, o mesmo utiliza as bandas da região do verde e do vermelho (Equação (4)), sendo independente de uma banda do infravermelho. Se considerado o comportamento da vegetação ao longo do visível (R G B) é possível observar que a relação existente entre as bandas da região do verde e do vermelho é similar à relação existente entre as bandas do infravermelho e do vermelho.

$$MPRI = \frac{\text{Green} - \text{Red}}{\text{Green} + \text{Red}} \quad (4)$$

onde:

- Green: Reflectância no verde;
- Red: Reflectância no vermelho.

Linhares et al. (2013) avaliaram a correlação existente entre os índices NDVI e MPRI, com o propósito de validar o uso do MPRI como indicador vegetativo. Segundo os autores, os resultados mostraram que o NDVI e MPRI apresentaram um alto nível de correlação, estando acima de 80% em todas as imagens usadas no experimento. Isso mostra que o MPRI tem potencial para ser aplicado em análises que envolvam a alteração entre os alvos solo e vegetação, tais como desmatamento, reflorestamento, manejo de áreas agrícolas, dentre outros. O uso desse índice se justifica diante do fato de que nem todo imageamento é ou foi realizado com o uso de sensores na região do infravermelho e de que muitas das RPAs, comercializadas no mercado nacional, virem equipadas com câmeras convencionais embarcadas, que obtém imagens apenas na região do visível.

## 2.5 CONTROLE BIOLÓGICO NA AGRICULTURA

O controle biológico de doenças de plantas é conceituado por Meyer et al. (2019), como o controle de um organismo por outro organismo, ou ainda, o controle de um agente causal de uma doença de planta por um microrganismo antagonista.

Entretanto, o conceito de controle biológico mais aceito pela comunidade é “a redução da soma de inóculo ou das atividades determinantes da doença, provocada por um patógeno, por um ou mais organismos que não o homem (COOK; BAKER, 1983).

Outro conceito utilizado é o de biopesticidas. De acordo com Bettiol e Morandi (2009) biopesticidas são organismos vivos (fungos, bactérias, protozoários, straminipila e vírus), animais microscópicos (nematóides) e macrorganismos (predadores e parasitóides, insetos e ácaros) ou produtos naturais derivados desses organismos, que são usados na proteção das plantas contra problemas fitossanitários.

Os primeiros estudos sobre micro-organismos que causam efeitos benéficos em plantas foram realizados no início do século, mais especificamente em 1907 por Ashby, com a descoberta da capacidade de assimilação de nitrogênio atmosférico por alguns gêneros de bactérias de vida livre encontradas no solo (LUCON, 2009).

Nas décadas que se seguiram, vários trabalhos bem sucedidos de controle de fitopatógenos por *Trichoderma* sp. continuaram atribuindo esse efeito aos mecanismos de competição, micro parasitismo, antibiose e, mais recentemente, indução de resistência (LUCON, 2009). As respostas das defesas das plantas podem ser induzidas por diferentes tipos de microrganismos vivos, como o vírus (MARTE et al., 1993), bactérias (ROMEIRO; GARCIA, 2007), fungos (MEERA et al., 1993) e nematoides (KOSAKA et al., 2001), tanto por células vivas e intactas, como por suas frações e extratos (ROMEIRO et al., 2005).

É assunto bem estudado e estabelecido, o fato de que as plantas possuem uma grande quantidade de mecanismos de defesa contra patógenos, mecanismos que podem ser ativados por eliciadores bióticos ou abióticos (VALLAD; GOLDMAN, 2004). Bettiol e Morandi (2009) consideram que, na área da fitopatologia, a imunidade é considerada regra e a suscetibilidade, a exceção. É fato comprovado que a associação com microrganismos benéficos pode trazer vantagens para a planta, entre elas, a supressão e/ou redução de severidade de doenças, aumento de absorção de nutrientes, fixação de nitrogênio atmosférico e promoção de crescimento (SMITH; GOLDMAN, 1999),

Neste contexto, a adoção do controle biológico de doenças de plantas apresentou crescimento nas últimas décadas no País, fruto de investimentos em pesquisa e inovação por parte de diferentes instituições públicas e privadas. Nas últimas safras, sua adoção vem crescendo em torno de 20% ao ano, como uma consequência da conscientização da necessidade de diversificação de medidas de

controle, de posicionamento técnico mais assertivo e da melhoria da qualidade dos produtos disponibilizados ao mercado (MEYER et al., 2019).

### 2.5.1 *Trichoderma* sp.

*Trichoderma* sp., conhecido por *Trichoderma*, compreende fungos de vida livre, que se reproduzem assexuadamente, presentes com mais frequência em solos de regiões de clima temperado e tropical. Esses fungos também colonizam madeira, onde a fase sexual teleomorfa (gênero *Hypocrea*) é frequentemente encontrada. Muitas linhagens não possuem ciclo sexual conhecido (HARMANN et al., 2004), sendo classificadas na subdivisão *Deuteromycotina*. Os deuteromicetos são caracterizados pela produção de conídios formados a partir de células conidiógenas, contidas ou não em estruturas especializadas, ou por fragmentação do talo micelial (KRUGER; BACCHI, 1995).

Algumas linhagens de *Trichoderma* são utilizadas no controle de fitopatógenos e na promoção de crescimento vegetal devido a sua versatilidade de ação, como parasitismo, antibiose e competição, além de atuarem como indutores de resistência das plantas contra doenças (LOUZADA et al., 2009; HOYOS-CARVAJAL, ORDUZ e BISSETT, 2009). Para Bettioli e Morandi (2009) é sem dúvida, o agente de controle biológico de doenças de plantas mais estudado e utilizado no Brasil e em outros países da América Latina e mudou completamente o cenário de controle biológico de doenças de plantas no Brasil (MEYER et al., 2019). Machado et al. (2012) ressaltaram também, que pesquisas comprovam que *Trichoderma* sp. é eficiente, prático e seguro quanto aos métodos de aplicação, biocontrole e na promoção de crescimento vegetal.

Meyer et al. (2019) relatam que trabalhos realizados no período de 2012 a 2016, na região dos Campos Gerais, no Estado do Paraná, município de Palmeira, junto a produtores e, também na Estação Experimental Agrícola Campos Gerais – EEACG, procuraram avaliar os efeitos bioprotetores da utilização de *Trichoderma* sp. nas culturas de aveia-branca, aveia-preta e trigo, monitorando seus efeitos sobre a severidade de doenças provocadas por fungos necrotróficos e, ainda, seu efeito sobre a cultura da soja, avaliada através do acompanhamento da incidência de mofo-branco (*S. sclerotiorum*), cujos tratamentos foram efetuados inicialmente em cobertura total do solo e posteriormente, tanto em tratamento de sementes, quanto em cobertura de solo. Observaram, nesse período, que os cereais de inverno, de maneira geral,

apresentaram maior uniformidade de desenvolvimento e menor incidência de podridões, quando comparados a áreas sem a aplicação de *Trichoderma*. Além disso, nos cultivos posteriores, quando se cultivou a cultura de soja nestas áreas, observaram uma redução na incidência de mofo-branco.

Além de ações que envolvem o contato direto entre antagonista e fitopatógeno, o *Trichoderma* sp. (*Hypocreales: Hypocreaceae*) também induz a ativação dos mecanismos de defesa das plantas pela liberação de peptídeos, proteínas e compostos de baixo peso molecular, promovendo o crescimento das raízes e a saúde da planta (MASTOURI et al., 2012; SHARMA et al., 2012). Também tem sido utilizado como promotor de crescimento de plantas, mantendo uma boa germinação e sanidade de sementes (ETHUR et al., 2006), corroborando com Oliveira et al. (2012) e Silva et al. (2012), ao constatarem que este fungo pode influenciar positivamente na germinação de sementes, no desenvolvimento e rendimento da cultura, devido não só à produção de substâncias promotoras de crescimento e melhoria na nutrição das plantas, principalmente pela solubilização do fósforo em fosfatos e outros minerais (KAPRI; TEWARI, 2010; SILVA et al., 2011), disponibilizando-os para as plantas, mas também pela produção de auxinas, que atuam sobre a parede celular do vegetal, promovendo sua distensão e conseqüentemente, o alongamento celular (VINALE et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2012). Segundo Baugh e Escobar (2007), a ação de *Trichoderma* como estimulador do crescimento é complexa e realizada por interações com fatores bioquímicos e produção de diversas enzimas e compostos benéficos para as plantas.

Estes resultados estão de acordo com outros trabalhos com diferentes culturas agrícolas inoculadas com diferentes isolados de *Trichoderma* sp., Chagas et al. (2017) observaram a característica de promoção de crescimento na biomassa nas culturas de arroz, milho, feijão caupi e soja, bem como na eficiência relativa que apresenta os ganhos em biomassa da parte aérea em relação ao tratamento testemunha sem inoculação (CHAGAS et al., 2016). Santos et al. (2010) concluíram que o uso de *Trichoderma* sp. proporcionou resultados positivos no incremento de massa fresca e seca de plantas de maracujá oriundas de estacas. Carvalho et al. (2011) avaliaram a inoculação de isolados *Trichoderma* na promoção do crescimento inicial de feijoeiro comum. Jesus et al. (2011) ressaltaram o potencial de *T. asperellum* como condicionador de substrato para a produção de mudas de café, evidenciando o efeito positivo no aumento da biomassa da raiz, da parte aérea e total, bem como o aumento

da eficiência da absorção de fósforo. Silva et al. (2012) demonstraram que isolados de *Trichoderma* sp. obtidos de solos da Amazônia aumentaram a biomassa de plantas de arroz em casa de vegetação, mostrando também o potencial como promotores de crescimento.

Atualmente, os produtores mais tecnificados, que apresentam elevados índices de produtividade, tanto nas lavouras de inverno quanto de verão, vem colocando como investimento básico a utilização de produtos biológicos na implantação de suas culturas, seja através da aplicação em área total, no tratamento de sementes ou no tratamento em sulco de plantio, técnica essa que tem demonstrado os resultados mais promissores (MEYER et al., 2019).

#### 2.5.1.1 *Trichoderma harzianum*

De acordo com Shalin et al. (2006), o fungo *Trichoderma harzianum* é um agregado de espécies, agrupadas com base em padrões de ramificação de conidióforos (ramificações laterais curtas) e fiálides curtas e infladas. Para Sharma et al. (2009), é possível que as variantes de *T. harzianum* surjam a partir de recombinantes durante a reprodução sexual do fungo. No entanto, uma diversidade genética entre isolados seria possível de obter se fossem analisadas populações de diferentes localidades de uma grande região, ou mesmo de um país, indicando que a migração e reprodução sexual desempenham papel importante na dinâmica populacional de *T. harzianum* (CHAVERRI et al., 2003).

Variações morfológicas ou genéticas entre isolados de *T. harzianum* continuam sendo estudadas por vários autores recentemente (SHARMA et al., 2009; ADBELSALAM et al., 2010; KAMALA et al., 2015). Segundo Grondona et al. (1997), a espécie *T. harzianum* pode ser dividida em três, quatro ou até cinco subgrupos específicos, dependendo das estirpes e características avaliadas. Deste modo, variações morfológicas entre isolados de uma mesma espécie de *Trichoderma* podem ocorrer, visto que as características morfológicas são facilmente alteradas por influências ambientais (PARK et al., 2005). Para a agricultura, o *Trichoderma harzianum* tem sido testado como agentes de controle biológico de patógenos do solo e como promotor de crescimento das plantas (MACHADO et al., 2012).

Altomare et al. (1999) explicam que, no solo, macro e micronutrientes sofrem um equilíbrio dinâmico complexo de solubilização e insolubilização, fortemente



influenciado pelo pH e pela microflora, que afeta a acessibilidade desses para serem absorvidos pelas raízes das plantas. Conforme os autores, a promoção de crescimento em plantas promovido pelo fungo *T. harzianum* T-22 está na sua habilidade de solubilizar muitos nutrientes importantes para a planta e mostraram que um isolado de *T. harzianum* teve habilidade para solubilizar nutrientes a partir de compostos como rochas de fosfato, óxido de manganês, óxido de ferro e zinco metálico.

Goergen et al. (2009) obtiveram um número maior de plantas de soja por metro quadrado, à medida que aumentaram as doses de *T. harzianum* 1306. Esse fato pode estar associado ao controle, por *T. harzianum* 1306, de patógenos do solo como *Rhizoctonia solani* e *Fusarium* sp, que causam a morte de plântulas durante o seu estabelecimento e ocasionam diminuição da população final de plantas (LOBO JÚNIOR, 2005).

Recentemente, o potencial de cinco isolados de *T. harzianum* como agentes de controle biológico de patógenos habitantes do solo foi observado em laboratório e em campo (GUIMARÃES et al., 2014; CARVALHO et al., 2014; CARVALHO et al., 2015).

### **2.5.2 Bacillus sp.**

As rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCP) são bactérias encontradas na rizosfera, podendo estar na superfície ou em associação com as raízes, sendo capazes de potencializar o crescimento da planta de maneira direta ou indireta (GALDIANO JUNIOR, 2011). São descritas na literatura, algumas bactérias que vivem associadas às plantas e têm a habilidade de promover o crescimento vegetal, com resultados principalmente em hortaliças. O gênero *Bacillus* inclui vários microrganismos promotores de crescimento em plantas, os quais conseguem atenuar vários danos ocasionados por estresses abióticos e bióticos (GAGNÉ-BOURQUE et al., 2015).

As bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) fazem parte da população de microrganismos residentes nas plantas que, devido à produção de hormônios e outras moléculas, promove o crescimento vegetal. Tal associação é há tempos conhecida, existindo diversos produtos biológicos a base de BPCP sendo comercializados no mundo todo (MARIANO et al., 2013). As BPCP podem atuar no desenvolvimento e crescimento da planta de várias maneiras, sendo as mais

proeminentes as de fixação biológica de nutrientes, acréscimo na atividade da enzima nitrato redutase quando crescem endofiticamente nas plantas, produção de hormônios como a citocininas, giberilinas, auxinas, etileno, solubilização do fosfato além de atuarem como agente controlador biológico de patógenos e pragas. Acredita-se que a promoção de crescimento ocorre quando todos esses mecanismos trabalham concomitantemente (HUNGRIA, 2011). Alguns estudos apontaram ainda, que a utilização de bactérias promotoras de crescimento pode ser uma alternativa sustentável e promissora para minimizar os efeitos do estresse abiótico que é um dos mais limitantes para a produtividade, o estresse hídrico (CARVALHO et al., 2019).

Espécies do gênero *Bacillus* vêm sendo utilizados para este fim e tem proporcionado efeitos positivos em frutos de tomate, como o aumento do tamanho e melhoria da textura, na altura das plantas nos estágios iniciais do desenvolvimento. Seu uso, aplicado por meio de inoculação de sementes, na cultura do milho, obteve um resultado significativo estatisticamente, com maior diâmetro de espiga e uma maior produtividade (FERREIRA, 2018) e na soja (STEFFLER et al., 2019 e SILVA, 2019).

Com esses efeitos, a utilização de bactérias na formulação de inoculantes ou biofertilizantes pode reduzir os custos de produção e impacto ambiental e, aumentar a produtividade das culturas (MARIANO et al., 2013).

#### 2.5.2.1 *Bacillus amyloliquefaciens*

A espécie *Bacillus amyloliquefaciens* é uma bactéria de formato bastonete gram-positiva. São capazes de formar endósporos resistentes a fatores ambientais adversos como alta radiação, temperaturas elevadas e stress hídrico. Essa espécie de bactérias também coloniza a rizosfera e tem grande capacidade de estímulos de produção de proteínas, aminoácidos, enzimas e também de metabólitos capazes de suprimir os patógenos de plantas no solo e essas características favorecem o seu uso como biofertilizantes agrícolas (CHEN et al., 2007).

Os resultados do estudo sobre os efeitos do uso de *Bacillus amyloliquefaciens* sobre a produtividade de duas cultivares de soja, obtidos por Steffler et al. (2019), foram significativos garantindo a produtividade da cultura. Resultados similares foram observados por Ferreira (2018), com a cultura do milho, no qual, o uso de do *Bacillus amyloliquefaciens* mostrou-se eficiente em relação a testemunha, garantindo o

aumento da produtividade em valores numéricos quando comparado a testemunha, embora sem diferir estatisticamente. Ainda segundo Gaspareto (2018), a utilização de *B. amyloliquefaciens* tem se tornado importante no biocontrole de várias doenças em plantas. Isso se deve a sua alta capacidade de sintetizar diversas enzimas e metabólitos que são benéficos para as espécies vegetais e essas características favorecem o seu uso como biofertilizantes agrícolas. Silva (2019) concluiu que o tratamento da soja exposta a déficit hídrico com *B. amyloliquefaciens* foi capaz de atenuar esse dano, mantendo maior grau de hidratação e evitando a desidratação dos tecidos vegetais.

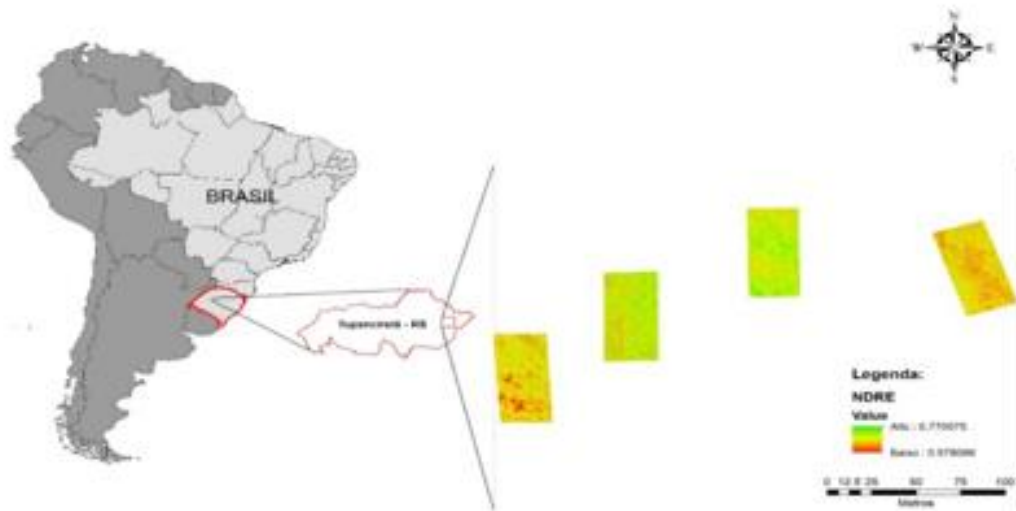
Além do exposto, a utilização de *B. amyloliquefaciens* tem se tornado importante no biocontrole de várias doenças em plantas, isso se deve a sua alta capacidade de sintetizar diversas enzimas e metabólitos, que são benéficos para as espécies vegetais (GASPARETO, 2018).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado no ano agrícola 2019-2020, em uma lavoura comercial de soja (*Glicine Max* (L.)). Na região onde foi instalado o experimento, a principal classe de solo que ocorre na paisagem é Argissolos (P), geralmente profundos, variando de bem drenados a imperfeitamente drenados, com presença de um horizonte sub-superficial mais argiloso no perfil que podem ser originadas de diversos tipos de materiais, tais como, basaltos, granitos, arenitos, argilitos e silitos, ocorrendo em relevo desde suave ondulado até forte ondulado, tipo ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico (PVAd6), por apresentar a cor vermelho-amarelo no horizonte B textural (STRECK et al., 2008), localizada na propriedade denominada Fazenda 3C, de propriedade do senhor Cleyton Ceolin, na localidade de São Xavier, no município de Tupanciretã, estado do Rio Grande do Sul, Brasil (Figura 16). O clima da região segundo a classificação de Köepen é o Cfa Subtropical, com temperatura oscilante em média entre 23 e 25°C. As precipitações variam em torno de 1.500 a 1.800 mm ao ano (WREGGE et al., 2011). Os dados meteorológicos para o período entre a semeadura e colheita do experimento estão descritos no anexo A, através de gráficos de precipitação, temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, radiação solar e precipitação (INMET, 2020).

Figura 16 – Localização do experimento no Estado do Rio Grande do Sul e no Município de Tupanciretã-RS



Fonte: IBGE (2020) adaptado pelo autor e dados do autor

## 3.2 EXPERIMENTO

### 3.2.1 Análise de solo

Em 11 de maio de 2018, foram coletadas as amostras de solo, na propriedade. A análise de solo foi realizada pela Empresa CCGL (Cooperativa Centro Gaúcha Ltda). Os resultados da análise física, com profundidade de 0-50 cm (Tabela 1) e análise química para fins de fertilidade, com profundidade de 0-20 cm (tabela 2). Foi feita coleta de amostra composta da área e realizada análise física granulométrica do solo e química, sendo argila determinada pelo método do densímetro; pH em água 1:1; P, K, Zn e Cu determinados pelo método Menich; MO, por digestão úmida; Ca, Mg, A, Mn e Na trocáveis extraídos com KC 1 mo L<sup>-1</sup>; S SO extraídos com CaHPD 500 mg L<sup>-1</sup> de P, 0,1 mol L<sup>-1</sup> B extraído com água quente.

Tabela 1 – Resultados para análise física do solo

Argila %	Silte %	Areia total %	Tipo de solo
38	16	46	Tipo 3

Fonte: autor

Tabela 2 – Resultados de análise química de solo completa para fins de fertilidade.

Argila %	pH H <sub>2</sub> O	Índice SMP	P mg dm <sup>-3</sup>	K mg dm <sup>-3</sup>	M.O	Al <sub>troc.</sub> Cmol dm <sup>-3</sup>	Ca <sub>troc.</sub> Cmol dm <sup>-3</sup>
36	5,4	6,0	3,6	179	2,8	0,1	3,9
Mg <sub>troc.</sub> Cmol dm <sup>-3</sup>	H+Al Cmol dm <sup>-3</sup>	CTC	% SAT da CTC BASES	Al	S mg dm <sup>-3</sup>	Zn mg dm <sup>-3</sup>	Cu mg dm <sup>-3</sup>
1,0	4,4	9,8	54,7	1,8	Nd	Nd	Nd
B mg dm <sup>-3</sup>	Mn mg dm <sup>-3</sup>	Fe mg dm <sup>-3</sup>	(Ca+Mg) K	K CTC	Ca CTC	Mg CTC	
Nd	Nd	nd	10,7	4,7	39,8	10,2	

Fonte: Adaptado de CCGL - Laboratório de análise de solo

### 3.2.2 A implantação e condução da cultura

O talhão da implantação da lavoura seguiu a rotação de cultura soja/aveia branca/soja e o sistema utilizado é o de plantio direto. A lavoura foi conduzida conforme etapas descritas a seguir.

A dessecação ocorreu em 20 de novembro de 2019. Foi utilizado herbicida a base de Glifosato, com dose de 3,6 litros por hectare, associado a herbicida a base de Saflufenacil em 80 gramas por hectare.

A semeadura ocorreu em 03 de dezembro de 2020, em que foi utilizada a variedade de semente de soja BMX Tornado RR, grupo de maturação 6.2, hábito de crescimento indeterminado, com peso médio de 1000 sementes de 175 g. O espaçamento de 45 cm entre linhas e com população esperada de 16 plantas por metro linear, totalizando 355.555 plantas por hectare. As sementes foram tratadas com inseticida Singular na dose de 1 ml/kg de sementes e fungicida Certeza na dose de 2 ml/kg de sementes. As máquinas e implementos utilizados foram: trator e semeadora de plantio direto marca Stara Sfil modelo 11000 (Figura 17a), equipada com sistema de pulverização de líquido para aplicação no sulco de plantio marca Saframax modelo Safrajet 300 (Figura 17b, c e d).

Figura 17 – Equipamentos utilizados no plantio, sendo: a) Semeadora, b) detalhes do painel de comandos c) Pulverizador de jato no sulco da sementeira e, d) sistema de mangueira que leva o líquido até o sulco da sementeira.



Fonte: O autor

A adubação de base foi feita na linha, com fertilizante com fórmula 02-23-23 a dose de 300 kg por hectare.

Os tratos culturais foram realizados através de pulverização, em 14 de janeiro de 2020 e foram utilizados herbicidas a base de glifosato e a base de Cletodim e Alquilbenzeno, misturadas a molibdênio, fertilizante foliar e inseticida a base de benzoato. Em 23 de janeiro de 2020, foram utilizados fungicida a base de Azoxistrobina e Benzovindiflupir, fertilizante foliar, óleo mineral e inseticida a base de benzoato. Em 11 de fevereiro de 2020, foram utilizados fungicida a base de Trifloxistrobina e Protioconazol, inseticida a base de benzoato, óleo mineral, acaricida, fungicida e bacteriostático a base de Mancozebe e Abamectina. Em 26 de fevereiro de 2020, foram utilizados inseticida a base de Imidacloprido e Beta-ciflutrina, fungicida a base de Trifloxistrobina e Protioconazol, e acaricida, fungicida e bacteriostático a base de Mancozebe e óleo mineral. Em 18 de março de 2020 foram utilizados fungicida a base de Trifloxistrobina, Ciproconazol e inseticida a base de Lambda-cialotrina.

### 3.2.3 Implantação do experimento e coleta dos dados

#### 3.2.3.1 Distribuição e localização dos tratamentos

De acordo com o Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura no Rio Grande do Sul, ano-safra 2019-2020, definido pela portaria nº 76, de 11/7/2019, o período de plantio de soja no Estado deveria ocorrer entre 11 de setembro e 31 de dezembro. Devido às dificuldades impostas pelo proprietário da fazenda, em função da exiguidade do tempo para plantio, a semeadura foi feita em faixas, com locais de homogeneidade razoável, obtidos através de sorteio. Dessa forma, não foi possível implantar o experimento em delineamento de blocos ao acaso. O estudo foi organizado, então, no delineamento inteiramente casualizado com 4 tratamentos e 30 repetições. Durante a etapa da semeadura, foram utilizados produtos biológicos em suspensão, pulverizados no sulco da semeadura, em faixas da largura de várias passadas com a semeadora, conforme croqui (Figura 18). Na primeira parte da lavoura, de oeste para leste, foi utilizado a suspensão concentrada do fungo *Trichoderma harzianum*, nome comercial – Trichodermil Super SC1306 (Koppert), concentração declarada pelo fabricante de  $2,0 \times 10^9$  conídios viáveis/ml, dose preconizada pelo fabricante de 100 ml por hectare, tratamento TR. Na segunda parte, do mesmo sentido, juntamente com o *Trichoderma harzianum*, acima descrito, foi pulverizado no sulco a bactéria *Bacillus amyloliquefaciens*, cepa UMAF6614, nome comercial Veraneio (Koppert) com concentração declarada pelo fabricante de  $1 \times 10^{10}$  UFC/g, na dose preconizada pelo fabricante de 50 g por hectare, tratamento TB. Na terceira parte da lavoura, no mesmo sentido, foram aplicados no sulco de semeadura, somente a bactéria *Bacillus Amyloliquefaciens*, acima descrita, na dose de 50 g por hectare, tratamento BA. Finalmente, no restante do talhão não foi utilizado tratamento com agentes de controle biológico, sendo considerado testemunha, tratamento TE.

Após a semeadura foram marcados a campo, com bandeiras de marcação, quatro parcelas de mesmo tamanho, uma para cada tratamento e testemunha, com dimensões de 30 m x 60 m, utilizando-se como referência as linhas de plantio, que foram no sentido norte-sul. Por se tratar de uma lavoura comercial e as parcelas possuírem grandes dimensões, cada parcela de tratamento e testemunha foram marcadas com bandeiras a cada 10 metros, para melhor localização em campo, com subdivisões no sentido leste oeste. As subdivisões serviram como baliza para que as



120 unidades amostrais (30 em cada parcela) pudessem ser coletadas e formassem uma grade mais regular possível.

Foram respeitados os princípios de bordadura entre os tratamentos e bordadura de plantio do talhão. Os locais das parcelas foram escolhidos para que houvesse facilidade de deslocamento no meio da lavoura e para que, durante a coleta do material para análise, não se danificassem as plantas.

Figura 18 – Croqui do experimento com os locais dos tratamentos e testemunha na escala de 1:881.



Fonte: o autor.

### 3.2.3.2 Tratamento e coleta de dados

Para realizar a análise dos componentes de rendimento da soja foram instaladas nos tratamentos do experimento 30 repetições ou unidades amostrais de  $0,72 \text{ m}^2$  (Figura 20), para realizar as contagens de plantas, vagens, sementes, que foram extrapolados para  $1 \text{ m}^2$ , determinação da massa seca de grãos ( $\text{gm}^{-2}$ ;  $\text{MGha}^{-1}$ ) e o peso de mil grãos ( $\text{gm}^{-2}$ ;  $\text{MGha}^{-1}$ ).

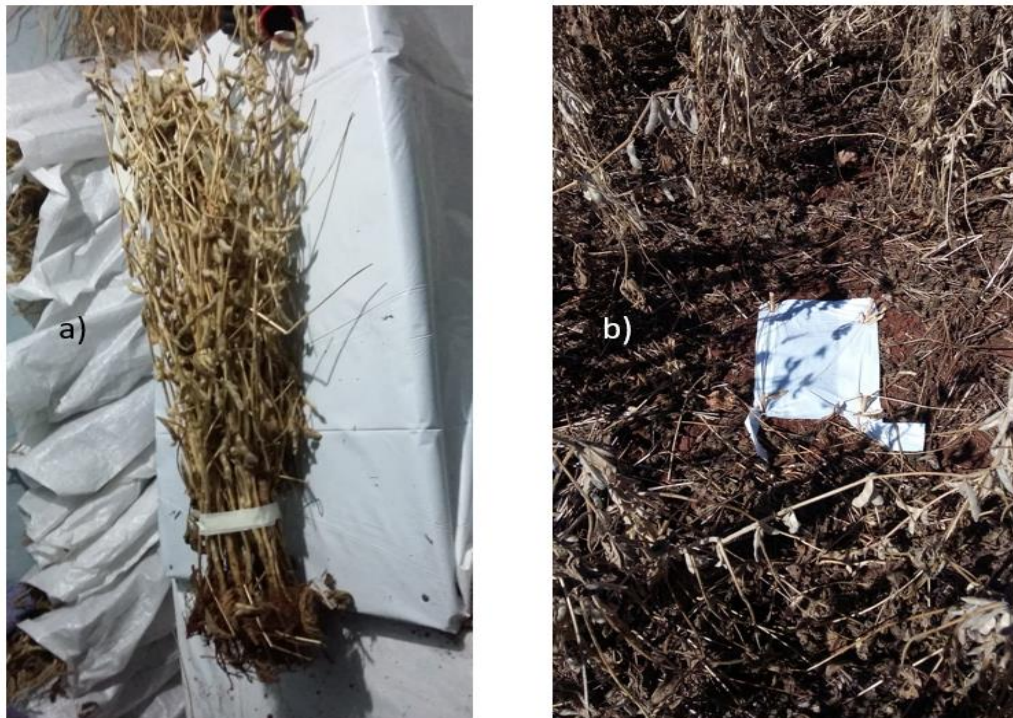
### 3.2.3.2.1 Coleta das unidades amostrais

A coleta de material vegetal nas unidades amostrais (ua) foi realizada nos dias 07 e 08 de abril de 2020, após a fase de maturação fisiológica da cultura (R8). Foram colhidas amostras de plantas inteiras (Figura 19a) em segmentos de duas linhas de plantio x 0,80 m de comprimento, perfazendo um retângulo de 0,720 m<sup>2</sup> em cada unidade amostral (Figura 19b). As ua foram espaçadas em 11 linhas, após a bordadura de cada tratamento marcado, contadas no sentido oeste-leste, para que fossem equidistantes, respeitando os intervalos onde passou o pulverizador, crescendo no sentido norte-sul (Figura 20), tendo como baliza as bandeiras que dividiam e marcavam os tratamentos. As plantas foram acondicionadas em sacos de rafia para que não se perdesse material durante o transporte para o local onde foi feito o processamento do mesmo.

### 3.2.3.2.2 Identificação dos locais de coleta das unidades amostrais

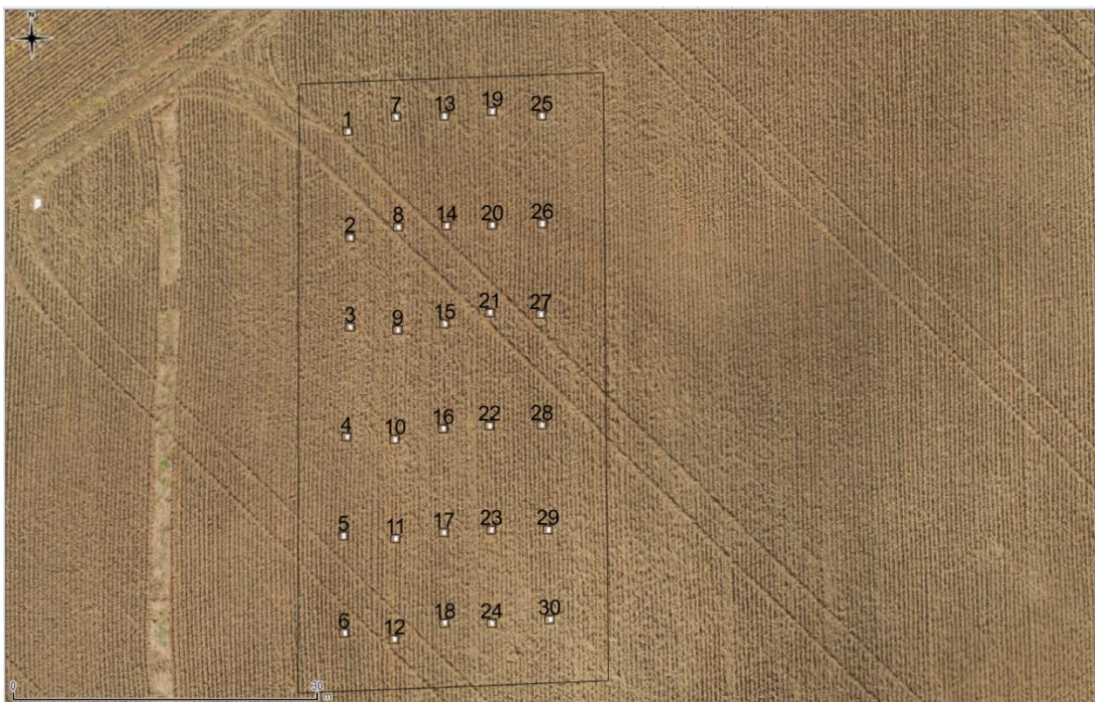
No centro dos locais onde as plantas foram coletadas foi colocada uma sacola plástica de cor branca (Figura 19b), fixada com resteva de soja disponíveis na lavoura (canela das plantas de soja). Esse processo teve a finalidade de destacar os locais de coleta das plantas serem identificados no mosaico resultante do aerolevante com RPA usando o sensor RGB (Figura 12), que foi realizado no dia seguinte ao da coleta (Figura 20).

Figura 19 – Unidades amostrais, sendo: a) Maço de plantas da unidade amostral, individualizado por fita adesiva e b) Sacola plástica que identificou os locais da amostragem no mosaico em RGB.



Fonte: O autor

Figura 20 – Mosaico com a localização das 30 unidades amostrais para determinação dos componentes de rendimento, em um dos tratamentos, na escala de 1:441.



Fonte: O autor

### 3.2.3.2.3 Determinação dos componentes de rendimento

A determinação dos componentes de rendimento foi obtida de forma manual, com exceção da contagem dos grãos que foi feita por um contador eletrônico.

De cada unidade amostral foram contados o número de plantas. Após a separação das vagens dos pés de soja, foi feita seleção manual, pelo visual e tato, separando as vagens viáveis (Figura 21a), assim consideradas as que continham ao menos um grão de soja formado, daquelas que apresentavam inexistência de grão formado ou com lesões por ataque de insetos (Figura 21b) e contados os números de vagens viáveis (VV) e de não viáveis (VNV) (Figura 21c). A extração dos grãos das vagens foi feita de forma manual, utilizando sacos de rafia para individualizar as amostras, que foram expostas ao sol e batidas com manguá. Após, utilizou-se luvas, máscaras faciais, bacias plásticas, peneiras e um ventilador para separação dos grãos da palha (Figura 21d).

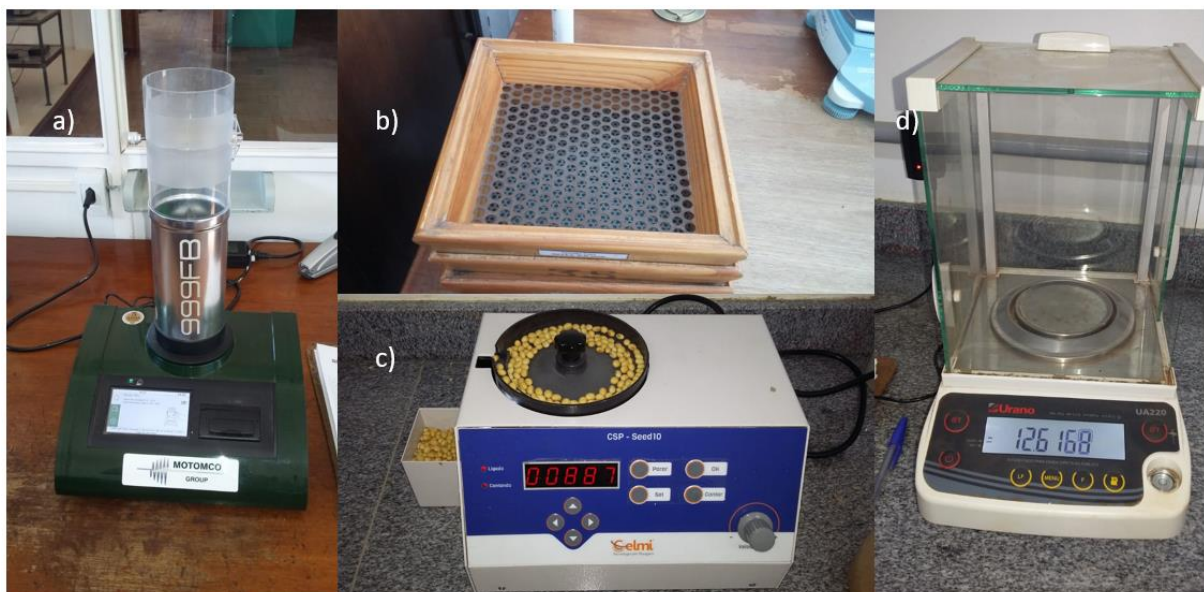
As amostras de soja formada pelos grãos foram embaladas em sacos de papel e submetidas a análise de umidade e quantidade de impureza pela Agropan, cooperativa onde o produtor entrega parte de sua produção. Foi feito teste de umidade para as amostras utilizando o aparelho medidor de umidade por capacitância elétrica Motomco 999FB (Figura 22a). Foram separados grãos das impurezas em uma peneira contendo 400 furos de 3 mm (Figura 22b), sendo considerada impureza tudo aquilo que vazou para o recipiente abaixo da peneira e tudo aquilo que ficou acima da peneira e que não fosse soja ou que fossem considerados grãos avariados: grãos ou pedaços de grãos que se apresentam queimados, ardidos, mofados, fermentados, germinados, danificados, imaturos ou chochos. Após a classificação, foram contados 1000 grãos (MG) e o número de grãos por repetição (NGR), utilizando o contador eletrônico de grãos Celmi CSP Speed 10 (Figura 22c), bem como medidas as massas de mil grãos e massa total de grãos por repetição, utilizando a balança de precisão Urano UA 220 (Figura 22d), com precisão de 0,0001 g. Das massas de mil grãos e massa total de grãos por repetição, foram descontados os percentuais de umidade, sendo calculadas as massa seca de mil grãos (MSMG) e Massa seca de grãos (MSG), extrapoladas da área da ua ou repetição para o m<sup>2</sup> e para o ha.

Figura 21 – Processo de separação e limpeza dos grãos de soja, a) separação das vagens, b) exemplo de vagens viáveis e não viáveis, c) contagem das vagens viáveis e não viáveis e d) separação dos grãos da palha.



Fonte: O autor.

Figura 22 – Equipamentos utilizados na contagem, determinação de umidade e massa, a) aparelho de determinação de umidade, b) peneira para classificação da soja, c) contador eletrônico de grãos e d) balança de precisão.



Fonte: O autor

### 3.3 USO AGRÍCOLA DE ARP PARA MAPEAMENTO DA LAVOURA

As missões com ARP, utilizaram sensor multiespectral embarcado foram realizadas na lavoura objeto de estudo, nos seguintes estádios fenológicos da cultura da soja: quando a cultura se encontrava nos estágios vegetativos V4 e V6, em janeiro de 2020, respectivamente nos dias 13 e 20, no estágio vegetativo V9, em 04 de fevereiro de 2020, e nos estágios reprodutivos R1 e R2, em fevereiro de 2020, respectivamente nos dias 17 e 22, e por fim no estágio reprodutivo R6, em 24 de março de 2020, para análise do comportamento da lavoura após o período vegetativo. Foi realizada uma missão, com sensor RGB, após a coleta de dados para determinação dos componentes de rendimento, para localizar com maior acurácia possível as repetições ou UA nos tratamentos.

As missões de mapeamento com ARP, para uso agrícola, foram realizadas com uma ARP do tipo asa fixa, do fabricante Horus, modelo Maptor (Figura 23a), registrada na ANAC sob prefixo PP556184210, embarcada com um sensor multiespectral, da fabricante *Micasense*, modelo *Red Edge-M* (Figura 23b), cuja descrição das especificações se encontra nas referências bibliográficas (2.3.4.1.2) e que possui cinco sensores nas bandas espectrais azul, verde, vermelha, borda vermelha e infravermelho próximo, para obtenção das fotografias aéreas. As imagens foram calibradas pelo sensor de luz, o DSL – *Downwelling Light Sensor*, de forma automática, a cada disparo e foram calibradas pelo painel de calibração, com fotos tiradas antes e depois do voo e inseridas no software de processamento de imagens, realizando as correções radiométricas necessárias.

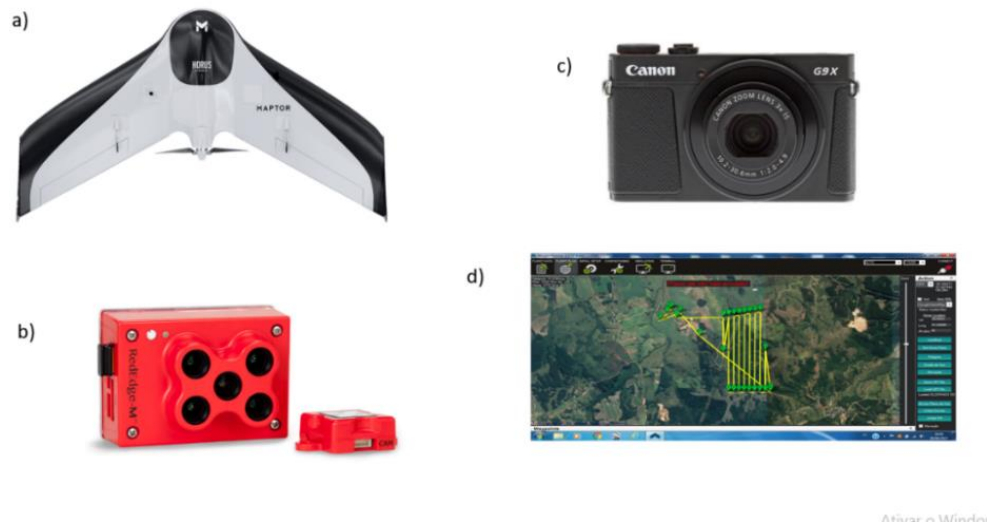
O sensor RGB usado no voo para localização das repetições/UA foi uma câmera RGB compacta, da marca Canon, modelo G9X (Figura 23c), que possui um sensor de 20,2 megapixels, sensor 13.200 mm x 8.800 mm, de alta sensibilidade e uma lente grande angular com distância focal variável de 28 a 80 mm, para coletas das fotos.

Os voos foram planejados no *software Mission Planner* (Figura 23d), com velocidade aproximada de 15 m/s, a uma altura de voo de 120 m (considerada a altura de lançamento), recobrimento das fotografias longitudinal de 70% e lateral de 75% e distância de amostragem de solo (GSD) esperada de 8,00 cm. Os voos tiveram duração aproximada de 10 minutos, com grade de voo em faixas, capturando fotografias aéreas verticais digitais. Foram solicitadas as autorizações para o voo no

SARPAS, com a modalidade de voo do tipo automatizada. O modo de disparo das câmeras no modo externo, com controle pela placa controladora da RPA, que utiliza o GPS da aeronave para geotaguear as fotos, com adaptação realizada pelo fabricante da aeronave (Horus aeronaves).

No processamento das imagens para a obtenção dos mosaicos dos índices de vegetação, foi utilizado o software *PIX4D*.

Figura 23 – SARP: RPA modelo Maptor da fabricante Horus (a), câmera multi-espectral modelo *Red Edge-M*, da fabricante *Micasense* (b), *software Mission Planner* (c)



Fonte: adaptado de Horus Aeronaves, Micasense (2017), Interdrones (2017) e dados do Autor

### 3.4 GERAÇÃO DOS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO – IV

Os índices de vegetação- IV foram gerados no *software PIX4D Mapper Pro-Educational* versão 3.3.29. O software suíço de fotogrametria, gera ortomosaicos de cada banda do sensor, se utiliza das equações matemáticas de cada índice para calcular os índices de vegetação, pixel a pixel e gera ortomosaicos georreferenciados dos índices desejados disponibilizando arquivos de extensão *geotiff*. Os mosaicos foram georreferenciados com pontos de apoio em solo. Para locar os pontos de apoio foi usado o equipamento Trimble FMX que conta com sistema de correção RTK – *Real Time Kinematic*.

Através da calculadora de índices do software, foram gerados os seguintes índices: NDVI – Índice de vegetação normalizada, NDRE – Índice de vegetação da

borda de vermelho, SAVI – Índice de vegetação ajustado ao solo (índices de ajuste de 0,25 e 0,5) e o MPRI – Índice de reflectância fotoquímica modificado. Na mesma ferramenta, os mosaicos foram recortados utilizando *shapefile* de contorno dos tratamentos, cujos vértices tiveram coordenadas capturadas com o mesmo equipamento que locou os pontos de apoio.

Após o processamento, os ortomosaicos gerados (IV e RGB) foram exportados para o software ArcGis® versão 10, onde os limites das repetições/ua, que estavam marcados com plástico branco) foram vetorizados manualmente no ortomosaico RGB, mantendo as dimensões das ua (0,8 x 0,9 m). Foi determinado o centroide de cada ua. Com a ferramenta estatística zonal, aplicada em todos os mosaicos dos IV e em todas as missões realizadas, foram obtidos os valores mínimos, máximos, amplitude (range) e média dos valores de IV com base nos pixels contidos dentro de cada repetição/ua. Todos os dados gerados foram exportados na forma de planilha eletrônica, que unidos aos dados dos componentes de rendimento, possibilitaram realizar as análises estatísticas propostas.

### 3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados exportados do ArcGis, em planilhas eletrônicas, foram organizados por tratamento e também para o experimento. Ao unir todas as planilhas, formou-se um rol único de dados, contendo 120 avaliações (4 tratamentos x 30 ua/repetições), com um total de 131 variáveis, sendo 120 variáveis relativas a índices de vegetação (valores mínimos, máximos, médios e amplitude para os IV NDVI, NDRE, MPRI, SAVI<sub>0,25</sub> e SAVI<sub>0,5</sub> nos estádios fenológicos da soja V4, V6, V9, R1, R2 e R6) e 11 variáveis relativas aos componentes de rendimento por metro quadrado (número de plantas, número de vagens viáveis, número de vagens não viáveis, número de grãos, número de vagens viáveis por plantas, número de grãos por planta, número de grãos por vagens viáveis, massa seca de mil grãos e massa seca de grãos, sendo estas últimas também obtidas em megagrama por hectare. Ao todo o rol contém 15720 dados (120 ua/repetições x 131 variáveis).

Foram realizados ao todo seis imageamentos, com os quais foram obtidos os IV NDVI, NDRE, MPRI, SAVI<sub>0,25</sub> e SAVI<sub>0,5</sub>, nos estágios fenológicos V4, V6, V9, R1, R2 e R6. Na coleta do material vegetal para a determinação dos componentes de rendimento foram instaladas 30 unidades amostrais (ua) por tratamento, 120 ua ao



todo no experimento (quatro tratamentos). Com a estatística zonal, realizada em SIG, sobre os IV, foram obtidos os valores mínimos, máximos, amplitude (range) e média, para todos os IV nos seis estágios fenológicos mapeados da soja. Desta forma, obteve-se 120 variáveis, por estágio, oriundas dos IV, totalizando 720 variáveis ao total. Com os componentes de rendimento foram obtidas nove variáveis, que foram extrapoladas para o  $m^2$  e duas delas também para o hectare. Ao todo foram reunidas 131 variáveis no experimento realizado, sob efeito de quatro tratamento (três produtos biológicos e uma testemunha – sem aplicação de agentes de controle biológico).

Para melhor entendimento dos dados obtidos foi utilizada a estatística descritiva, que resume os dados e permite que se conheçam as medidas de posição, dispersão, assimetria e forma. Primeiro realizou-se a estatística descritiva para todo o experimento e, posteriormente, para os quatro tratamentos realizados, utilizando ferramenta de análise de dados da planilha Excel®.

Com as médias dos valores máximos, mínimos e médios dos IV, obtido na primeira organização dos dados, foram gerados gráficos de evolução do IV ao longo dos estágios fenológicos da soja, considerando o experimento como um todo. Também foram elaborados gráficos com as médias dos valores médios dos IV, obtidas na segunda organização dos dados, ao longo dos estágios vegetativos da soja, para demonstrar o comportamento da evolução dos IV entre os tratamentos.

A análise de correlação dos dados do experimento utilizou o coeficiente de correlação linear de Pearson e buscou correlacionar os valores médios, mínimos, máximos e de amplitude dos IV NDVI, NDRE, MPRI, SAVI 0,25 e SAVI 0,5, gerados nos estágios V4, V6, V9, R1, R2 e R6 da cultura de soja por unidade amostral, com os CR planta/ $m^2$  (PI/ $m^2$ ), vagens viáveis/ $m^2$  (VV/ $m^2$ ), vagens viáveis/planta/ $m^2$  (VVPI/ $m^2$ ), vagens não viáveis/ $m^2$  (VNV/ $m^2$ ), número de grãos/ $m^2$  (NG/ $m^2$ ), número de grãos por vagens viáveis/ $m^2$  (NGVV/ $m^2$ ), massa seca de grãos em  $kg/m^2$  (MSG ( $kg/m^2$ )), MSG em MG/há (MSG (MG/há)), massa seca de mil grãos em  $kg/m^2$  (MSMG ( $kg/m^2$ )) e massa seca de mil grãos em MG/há (MSMG (MG/ha)), obtidos na colheita. Foi adotado método de classificação para os coeficientes proposto por HINKLE et al. (2003), para interpretar os graus dos coeficientes de correlação obtidos, considerando-se, coeficientes de 0 a 0,30, uma correlação insignificante; de 0,30 a 0,50, baixa correlação; de 0,50 a 0,70, correlação moderada e de 0,70 a 1,00, correlação alta. Desde que corroborada por uma probabilidade ( $p$ ) menor que 0,005.

Em função do grande número de variáveis, os IV que participaram das correlações acima de 0,6 com pelo menos um componente de rendimento, foram analisados por análise de regressão. Os IV que obtiveram um coeficiente de determinação maior que 0,9 foram analisados por ANOVA – Análise de Variância, bem como todos os componentes de rendimento. Quando atendidos os requisitos de normalidade e homogeneidade de variâncias, foi utilizado o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ) para comparação das médias (STORK et al., 2011).

O Delineamento experimental utilizado na ANOVA foi o delineamento inteiramente casualizado, pelo fato de se terem áreas próximas e razoavelmente homogêneas, mesma cultivar, forma e data de plantio, manejo agrícola, e pela dificuldade em implantar blocos ao acaso com os recursos e cronograma de plantio da fazenda. Foram utilizados quatro tratamentos, com aplicação no sulco de plantio de agentes de controle biológico *Trichoderma harzianum* (TR), *T. harzianum* e *Bacillus amyloliquefaciens* (TB), *Bacillus amyloliquefaciens* (BA); e testemunha (TE), sem aplicação de produtos biológicos. Cada tratamento continha 30 repetições. Foi utilizado o *software SigmaPlot*<sup>®</sup>, que realiza os testes de homogeneidade de variância e de normalidade (Teste de Shapiro-Wilk), como critérios para a ANOVA.

Quando não atendido estes critérios, os dados foram avaliados pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (teste H), que se destina a comparar três ou mais amostras independentes, de mesmo tamanho ou desiguais, sendo comparável à ANOVA de um critério ou fator único (AYRES et al., 2007), neste caso os tipos de produtos utilizados nos tratamentos. Para este teste foi utilizado o *software BioEstat*<sup>®</sup>, verso 5.3. Para o ranqueamento dos postos médios, este *software* usa o teste de Dunn, que é mais conservador, pois retifica o nível alfa conforme o número de amostras utilizadas no teste (AYRES et al., 2007).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo geral desta pesquisa foi testar agentes de controle biológicos na cultura da soja, e utilizar índices de vegetação obtidos com sensor multiespectral embarcado em aeronave remotamente pilotada para identificar a variabilidade espacial produzida pelo uso desses produtos e estimar o rendimento de grãos e de seus componentes.

A presente pesquisa buscou fornecer informações à cerca dos efeitos que o uso de agentes de controle biológico (ACB) *Trichoderma harzianun*, *Bacillus amyloliquefaciens* e ambos associados, aplicados no sulco da semeadura causou no desenvolvimento das plantas de soja, nos índices de vegetação (IV) e no rendimento de grãos e seus componentes (CR).

### 4.1 ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS DADOS E EVOLUÇÃO DOS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO

#### 4.1.1 Estatística Descritiva dos Dados

A Tabela 3 apresenta a estatística descritiva para os dados gerais do experimento realizado e, as tabelas Tabela 4, Tabela 5, Tabela 6 e Tabela 7, apresentam as estatísticas descritivas dos tratamentos com os agentes de controle biológico *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma harzianun* e *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus amyloliquefaciens* e testem\*9unha, respectivamente.

Tabela 3 – Estatística Descritiva para os dados gerais do experimento de aplicação de agente de controle biológico na cultura de soja, realizado em Tupanciretã-RS, safra 2019/2020.

Dados Gerais do Experimento													
VARIÁVEL	M	EP	Md	Mo	DP	S <sup>2</sup>	Ct	As	Am	Vmin	VMáx	NC (95,0%)	CV (%)
MIN_NDVIV4	0,44	0,01	0,44	Am	0,06	0,00	-0,10	0,20	0,28	0,33	0,61	0,01	12,43
MAX_NDVIV4	0,71	0,01	0,73	Am	0,08	0,01	-0,36	-0,55	0,40	0,49	0,89	0,01	11,55
RANGE_NDVIV4	0,27	0,00	0,28	Am	0,05	0,00	0,54	-0,21	0,27	0,14	0,41	0,01	17,06
MEAN_NDVIV4	0,57	0,01	0,58	Am	0,08	0,01	-0,45	-0,07	0,41	0,40	0,80	0,01	13,94
MIN_NDREV4	0,35	0,00	0,36	Am	0,04	0,00	-0,70	-0,07	0,16	0,28	0,44	0,01	10,21
MAX_NDREV4	0,47	0,00	0,48	Am	0,04	0,00	0,04	-0,35	0,23	0,36	0,59	0,01	8,55
RANGE_NDREV4	0,12	0,00	0,12	Am	0,02	0,00	0,61	0,26	0,12	0,07	0,19	0,00	17,53
MEAN_NDREV4	0,41	0,00	0,42	Am	0,04	0,00	-0,47	-0,15	0,21	0,32	0,53	0,01	10,36
MIN_MPRIV4	-0,13	0,00	-0,14	Am	0,03	0,00	0,98	-0,16	0,17	-0,23	-0,06	0,00	-20,40
MAX_MPRIV4	0,07	0,01	0,07	Am	0,09	0,01	-0,11	0,34	0,46	-0,08	0,37	0,02	126,91
RANGE_MPRIV4	0,20	0,01	0,20	Am	0,08	0,01	-0,44	0,29	0,37	0,07	0,43	0,01	37,28
MEAN_MPRIV4	-0,05	0,00	-0,05	Am	0,05	0,00	3,05	1,10	0,34	-0,15	0,19	0,01	-104,90
MIN_SAVI025V4	0,56	0,01	0,55	Am	0,07	0,00	-0,10	0,20	0,35	0,41	0,77	0,01	12,43
MAX_SAVI025V4	0,89	0,01	0,92	Am	0,10	0,01	-0,36	-0,55	0,50	0,62	1,12	0,02	11,55
RANGE_SAVI025V4	0,34	0,01	0,35	Am	0,06	0,00	0,54	-0,21	0,34	0,17	0,51	0,01	17,06
MEAN_SAVI025V4	0,72	0,01	0,72	Am	0,10	0,01	-0,45	-0,07	0,51	0,50	1,01	0,02	13,94
MIN_SAVI05V4	0,67	0,01	0,66	Am	0,08	0,01	-0,10	0,20	0,43	0,49	0,92	0,01	12,43
MAX_SAVI05V4	1,07	0,01	1,10	Am	0,12	0,02	-0,36	-0,55	0,60	0,74	1,34	0,02	11,55
RANGE_SAVI05V4	0,40	0,01	0,42	Am	0,07	0,00	0,54	-0,21	0,41	0,20	0,61	0,01	17,06
MEAN_SAVI05V4	0,86	0,01	0,87	Am	0,12	0,01	-0,45	-0,07	0,61	0,60	1,21	0,02	13,94
MIN_NDVIV6	0,71	0,01	0,73	Am	0,10	0,01	-0,16	-0,58	0,53	0,39	0,92	0,02	14,51
MAX_NDVIV6	0,90	0,00	0,91	Am	0,04	0,00	5,47	-1,91	0,24	0,70	0,95	0,01	4,32
RANGE_NDVIV6	0,19	0,01	0,18	Am	0,07	0,01	-0,64	0,30	0,33	0,02	0,35	0,01	38,92

VARIÁVEL	M	EP	Md	Mo	DP	S <sup>2</sup>	Ct	As	Am	VMin	VMáx	NC (95.0%)	CV (%)
MEAN_NDVIV6	0,82	0,01	0,84	Am	0,08	0,01	2,17	-1,30	0,44	0,49	0,94	0,01	9,25
MIN_NDREV6	0,50	0,00	0,51	Am	0,05	0,00	-0,14	-0,64	0,27	0,34	0,61	0,01	10,33
MAX_NDREV6	0,59	0,00	0,59	Am	0,03	0,00	1,02	-0,82	0,18	0,47	0,65	0,01	5,28
RANGE_NDREV6	0,08	0,00	0,08	Am	0,03	0,00	-0,80	0,33	0,13	0,02	0,15	0,01	35,09
MEAN_NDREV6	0,55	0,00	0,56	Am	0,04	0,00	1,36	-1,08	0,24	0,38	0,62	0,01	7,44
MIN_MPRIV6	0,03	0,01	0,03	Am	0,10	0,01	0,93	0,58	0,56	-0,17	0,39	0,02	295,87
MAX_MPRIV6	0,40	0,01	0,42	Am	0,11	0,01	0,64	-0,95	0,53	0,02	0,55	0,02	26,32
RANGE_MPRIV6	0,37	0,01	0,37	Am	0,07	0,00	0,51	-0,29	0,36	0,17	0,53	0,01	18,72
MEAN_MPRIV6	0,23	0,01	0,24	Am	0,12	0,01	-0,56	-0,30	0,60	-0,10	0,50	0,02	53,00
MIN_SAVI025V6	0,89	0,01	0,91	Am	0,13	0,02	-0,16	-0,58	0,66	0,49	1,15	0,02	14,51
MAX_SAVI025V6	1,12	0,00	1,13	Am	0,05	0,00	5,47	-1,91	0,31	0,88	1,18	0,01	4,32
RANGE_SAVI025V6	0,23	0,01	0,22	Am	0,09	0,01	-0,64	0,30	0,41	0,03	0,44	0,02	38,92
MEAN_SAVI025V6	1,03	0,01	1,05	Am	0,09	0,01	2,17	-1,30	0,56	0,61	1,17	0,02	9,25
MIN_SAVI05V6	1,06	0,01	1,09	Am	0,15	0,02	-0,16	-0,58	0,80	0,59	1,38	0,03	14,51
MAX_SAVI05V6	1,34	0,01	1,36	Am	0,06	0,00	5,47	-1,91	0,37	1,05	1,42	0,01	4,32
RANGE_SAVI05V6	0,28	0,01	0,27	Am	0,11	0,01	-0,64	0,30	0,49	0,03	0,52	0,02	38,92
MEAN_SAVI05V6	1,23	0,01	1,26	Am	0,11	0,01	2,17	-1,30	0,67	0,74	1,40	0,02	9,25
MIN_NDVIV9	0,89	0,00	0,91	Am	0,05	0,00	5,12	-2,06	0,31	0,63	0,95	0,01	6,09
MAX_NDVIV9	0,93	0,00	0,94	Am	0,02	0,00	9,05	-2,36	0,12	0,84	0,96	0,00	1,82
RANGE_NDVIV9	0,04	0,00	0,03	Am	0,04	0,00	4,89	2,15	0,20	0,01	0,20	0,01	96,39
MEAN_NDVIV9	0,92	0,00	0,93	Am	0,03	0,00	8,25	-2,40	0,20	0,75	0,95	0,01	3,30
MIN_NDREV9	0,63	0,00	0,64	Am	0,04	0,00	2,74	-1,51	0,21	0,48	0,69	0,01	5,58
MAX_NDREV9	0,67	0,00	0,68	Am	0,02	0,00	2,08	-1,19	0,13	0,58	0,72	0,00	3,35
RANGE_NDREV9	0,04	0,00	0,04	Am	0,02	0,00	3,03	1,68	0,09	0,02	0,11	0,00	44,38
MEAN_NDREV9	0,66	0,00	0,66	Am	0,03	0,00	2,93	-1,41	0,15	0,54	0,70	0,00	3,96
MIN_MPRIV9	0,28	0,01	0,31	Am	0,11	0,01	0,20	-0,85	0,49	-0,05	0,44	0,02	38,86
MAX_MPRIV9	0,42	0,00	0,43	Am	0,05	0,00	4,67	-1,63	0,33	0,17	0,50	0,01	12,38
RANGE_MPRIV9	0,14	0,01	0,12	Am	0,07	0,00	0,72	0,97	0,32	0,04	0,36	0,01	48,11
MEAN_MPRIV9	0,36	0,01	0,38	Am	0,08	0,01	1,58	-1,21	0,41	0,06	0,47	0,01	21,48

VARIABLEL	M	EP	Md	Mo	DP	S <sup>2</sup>	Ct	As	Am	VMin	VMax	NC (95.0%)	CV (%)
MIN_SAVI025V9	1,11	0,01	1,14	Am	0,07	0,00	5,12	-2,06	0,39	0,79	1,18	0,01	6,09
MAX_SAVI025V9	1,17	0,00	1,17	Am	0,02	0,00	9,05	-2,36	0,15	1,05	1,20	0,00	1,82
RANGE_SAVI025V9	0,05	0,00	0,03	Am	0,05	0,00	4,89	2,15	0,25	0,01	0,26	0,01	96,39
MEAN_SAVI025V9	1,15	0,00	1,16	Am	0,04	0,00	8,25	-2,40	0,25	0,94	1,19	0,01	3,30
MIN_SAVI05V9	1,34	0,01	1,37	Am	0,08	0,01	5,12	-2,06	0,47	0,95	1,42	0,01	6,09
MAX_SAVI05V9	1,40	0,00	1,41	Am	0,03	0,00	9,05	-2,36	0,18	1,26	1,43	0,00	1,82
RANGE_SAVI05V9	0,06	0,01	0,04	Am	0,06	0,00	4,89	2,15	0,30	0,01	0,31	0,01	96,39
MEAN_SAVI05V9	1,38	0,00	1,39	Am	0,05	0,00	8,25	-2,40	0,30	1,13	1,43	0,01	3,30
MIN_NDVIR1	0,94	0,00	0,95	Am	0,01	0,00	58,32	-6,77	0,10	0,85	0,95	0,00	1,07
MAX_NDVIR1	0,95	0,00	0,95	Am	0,00	0,00	-0,03	-0,52	0,02	0,94	0,96	0,00	0,33
RANGE_NDVIR1	0,01	0,00	0,01	Am	0,01	0,00	78,27	8,26	0,09	0,01	0,09	0,00	75,55
MEAN_NDVIR1	0,95	0,00	0,95	Am	0,00	0,00	11,59	-2,59	0,03	0,92	0,96	0,00	0,47
MIN_NDRER1	0,71	0,00	0,72	Am	0,01	0,00	11,07	-2,40	0,10	0,63	0,73	0,00	1,90
MAX_NDRER1	0,74	0,00	0,74	Am	0,01	0,00	0,09	-0,68	0,06	0,70	0,76	0,00	1,49
RANGE_NDRER1	0,03	0,00	0,03	Am	0,01	0,00	12,60	2,39	0,06	0,02	0,07	0,00	24,07
MEAN_NDRER1	0,73	0,00	0,73	Am	0,01	0,00	1,14	-0,97	0,06	0,68	0,74	0,00	1,47
MIN_MPRR1	0,40	0,00	0,41	Am	0,03	0,00	28,20	-4,59	0,30	0,15	0,44	0,01	8,66
MAX_MPRR1	0,49	0,00	0,49	Am	0,01	0,00	0,31	0,38	0,06	0,47	0,53	0,00	2,50
RANGE_MPRR1	0,09	0,00	0,09	Am	0,03	0,00	27,08	4,36	0,29	0,04	0,32	0,01	35,04
MEAN_MPRR1	0,45	0,00	0,45	Am	0,01	0,00	14,70	-3,00	0,11	0,37	0,48	0,00	3,14
MIN_SAVI025R1	1,18	0,00	1,18	Am	0,01	0,00	58,32	-6,77	0,13	1,06	1,19	0,00	1,07
MAX_SAVI025R1	1,19	0,00	1,19	Am	0,00	0,00	-0,03	-0,52	0,02	1,18	1,20	0,00	0,33
RANGE_SAVI025R1	0,01	0,00	0,01	Am	0,01	0,00	78,27	8,26	0,11	0,01	0,12	0,00	75,55
MEAN_SAVI025R1	1,19	0,00	1,19	Am	0,01	0,00	11,59	-2,59	0,04	1,15	1,19	0,00	0,47
MIN_SAVI05R1	1,41	0,00	1,42	Am	0,02	0,00	58,32	-6,77	0,15	1,28	1,43	0,00	1,07
MAX_SAVI05R1	1,43	0,00	1,43	Am	0,00	0,00	-0,03	-0,52	0,02	1,42	1,44	0,00	0,33
RANGE_SAVI05R1	0,02	0,00	0,01	Am	0,01	0,00	78,27	8,26	0,13	0,01	0,14	0,00	75,55
MEAN_SAVI05R1	1,42	0,00	1,43	Am	0,01	0,00	11,59	-2,59	0,05	1,38	1,43	0,00	0,47
MIN_NDVIR2	0,95	0,00	0,95	Am	0,01	0,00	5,61	-1,18	0,05	0,91	0,96	0,00	0,64

VARIÁVEL	M	EP	Md	Mo	DP	S <sup>2</sup>	Ct	As	Am	VMin	VMáx	NC (95.0%)	CV (%)
MAX_NDVIR2	0,96	0,00	0,96	Am	0,00	0,00	-0,22	0,09	0,02	0,95	0,97	0,00	0,45
RANGE_NDVIR2	0,01	0,00	0,01	Am	0,00	0,00	3,06	1,41	0,02	0,01	0,03	0,00	29,54
MEAN_NDVIR2	0,95	0,00	0,95	Am	0,00	0,00	0,62	-0,06	0,03	0,94	0,97	0,00	0,46
MIN_NDRER2	0,67	0,00	0,67	Am	0,01	0,00	-0,50	0,19	0,06	0,64	0,70	0,00	2,01
MAX_NDRER2	0,73	0,00	0,73	Am	0,01	0,00	0,16	0,39	0,08	0,70	0,78	0,00	2,01
RANGE_NDRER2	0,06	0,00	0,06	Am	0,02	0,00	0,24	0,82	0,08	0,03	0,11	0,00	27,78
MEAN_NDRER2	0,70	0,00	0,70	Am	0,01	0,00	-0,20	-0,15	0,06	0,67	0,72	0,00	1,52
MIN_MPRIR2	0,39	0,00	0,40	Am	0,03	0,00	9,26	-2,07	0,25	0,22	0,46	0,01	7,79
MAX_MPRIR2	0,51	0,00	0,51	Am	0,03	0,00	3,67	1,12	0,18	0,44	0,62	0,00	5,01
RANGE_MPRIR2	0,12	0,00	0,11	Am	0,03	0,00	5,59	1,41	0,22	0,05	0,28	0,01	25,96
MEAN_MPRIR2	0,45	0,00	0,45	Am	0,02	0,00	6,44	-0,49	0,18	0,35	0,54	0,00	4,52
MIN_SAVI025R2	1,18	0,00	1,18	Am	0,01	0,00	5,61	-1,18	0,06	1,14	1,20	0,00	0,64
MAX_SAVI025R2	1,20	0,00	1,20	Am	0,01	0,00	-0,22	0,09	0,03	1,18	1,21	0,00	0,45
RANGE_SAVI025R2	0,02	0,00	0,02	Am	0,01	0,00	3,06	1,41	0,03	0,01	0,04	0,00	29,54
MEAN_SAVI025R2	1,19	0,00	1,19	Am	0,01	0,00	0,62	-0,06	0,03	1,17	1,21	0,00	0,46
MIN_SAVI05R2	1,42	0,00	1,42	Am	0,01	0,00	5,61	-1,18	0,07	1,37	1,44	0,00	0,64
MAX_SAVI05R2	1,44	0,00	1,44	Am	0,01	0,00	-0,22	0,09	0,03	1,42	1,46	0,00	0,45
RANGE_SAVI05R2	0,02	0,00	0,02	Am	0,01	0,00	3,06	1,41	0,04	0,01	0,05	0,00	29,54
MEAN_SAVI05R2	1,43	0,00	1,43	Am	0,01	0,00	0,62	-0,06	0,04	1,41	1,45	0,00	0,46
MIN_NDVIR6	0,72	0,00	0,71	Am	0,05	0,00	-0,41	0,03	0,26	0,58	0,84	0,01	7,62
MAX_NDVIR6	0,80	0,00	0,81	Am	0,04	0,00	-0,15	-0,22	0,17	0,71	0,88	0,01	4,52
RANGE_NDVIR6	0,09	0,00	0,08	Am	0,03	0,00	2,63	1,18	0,21	0,03	0,24	0,01	38,64
MEAN_NDVIR6	0,77	0,00	0,76	Am	0,04	0,00	-0,35	-0,01	0,20	0,66	0,86	0,01	5,67
MIN_NDRER6	0,39	0,00	0,39	Am	0,03	0,00	0,20	0,75	0,13	0,35	0,48	0,00	6,82
MAX_NDRER6	0,46	0,00	0,45	Am	0,03	0,00	0,79	0,92	0,14	0,41	0,55	0,01	6,19
RANGE_NDRER6	0,07	0,00	0,06	Am	0,02	0,00	0,99	0,72	0,10	0,03	0,13	0,00	26,98
MEAN_NDRER6	0,43	0,00	0,42	Am	0,03	0,00	0,72	0,95	0,14	0,37	0,51	0,00	6,22
MIN_MPRIR6	0,14	0,01	0,14	Am	0,09	0,01	0,51	-0,44	0,49	-0,18	0,32	0,02	66,12
MAX_MPRIR6	0,30	0,00	0,30	Am	0,05	0,00	-0,41	-0,34	0,21	0,19	0,40	0,01	16,05

VARIÁVEL	M	EP	Md	Mo	DP	S <sup>2</sup>	Ct	As	Am	VMin	VMax	NC (95,0%)	CV (%)
RANGE_MPRIR6	0,16	0,01	0,15	Am	0,06	0,00	2,66	1,20	0,39	0,05	0,44	0,01	38,14
MEAN_MPRIR6	0,23	0,01	0,23	Am	0,06	0,00	-0,48	-0,13	0,31	0,06	0,36	0,01	27,17
MIN_SAVI025R6	0,90	0,01	0,89	Am	0,07	0,00	-0,41	0,03	0,33	0,72	1,05	0,01	7,62
MAX_SAVI025R6	1,01	0,00	1,01	Am	0,05	0,00	-0,15	-0,22	0,22	0,88	1,10	0,01	4,52
RANGE_SAVI025R6	0,11	0,00	0,10	Am	0,04	0,00	2,63	1,18	0,26	0,04	0,30	0,01	38,64
MEAN_SAVI025R6	0,96	0,00	0,95	Am	0,05	0,00	-0,35	-0,01	0,25	0,83	1,08	0,01	5,67
MIN_SAVI05R6	1,08	0,01	1,07	Am	0,08	0,01	-0,41	0,03	0,39	0,87	1,26	0,01	7,62
MAX_SAVI05R6	1,21	0,00	1,21	Am	0,05	0,00	-0,15	-0,22	0,26	1,06	1,32	0,01	4,52
RANGE_SAVI05R6	0,13	0,00	0,12	Am	0,05	0,00	2,63	1,18	0,32	0,04	0,36	0,01	38,64
MEAN_SAVI05R6	1,15	0,01	1,14	Am	0,07	0,00	-0,35	-0,01	0,30	0,99	1,29	0,01	5,67
PL_m2	38,47	0,62	37,50	40,28	6,77	45,86	-0,36	0,36	30,56	25,00	55,56	1,22	17,60
VV_m2	1038,36	15,74	1028,47	1009,72	172,41	29725,37	0,33	-0,03	923,61	545,83	1469,44	31,16	16,60
VVPL_m2	27,42	0,43	26,95	Am	4,75	22,53	-0,25	0,30	23,83	15,46	39,29	0,86	17,31
VNV_m2	30,92	1,22	27,78	26,39	13,38	179,10	2,08	1,13	84,72	4,17	88,89	2,42	43,28
NG_m2	2374,93	38,06	2342,36	2486,11	416,95	173847,00	-0,13	0,05	2119,44	1279,17	3398,61	75,37	17,56
NGPL_m2	62,67	1,01	61,54	Am	11,07	122,56	-0,17	0,28	57,30	33,91	91,22	2,00	17,67
NGVV_m2	2,29	0,02	2,27	2,24	0,19	0,04	14,57	1,82	1,95	1,54	3,50	0,03	8,27
MMSG (kg_m2)	0,16	0,00	0,16	Am	0,01	0,00	-0,27	-0,14	0,06	0,13	0,19	0,00	7,05
MMSG (MG_ha)	1,62	0,01	1,62	Am	0,11	0,01	-0,27	-0,14	0,56	1,33	1,89	0,02	7,05
MSG (kg_m2)	0,27	0,01	0,26	0,27	0,06	0,00	-0,37	0,05	0,27	0,12	0,40	0,01	21,18
MSG (Mg_ha)	2,66	0,05	2,64	2,69	0,56	0,32	-0,37	0,05	2,73	1,23	3,96	0,10	21,18

**Legenda:** M – média; EP – erro padrão; Md – mediana; Mo – moda; DP – desvio padrão; S<sup>2</sup> – variância; Ct – curtose; As – assimetria; Am – amplitude; VMin – valores mínimos; VMax – valores máximos; NC (95%) – nível de confiança de 95%; CV (%) coeficiente de variação; MIN – média dos valores mínimos; MAX – média dos valores máximos; MEAN – média dos valores médios; RANGE – média dos valores de amplitude; PL – plantas; VV – vagens viáveis; VVPL – vagens viáveis por planta; VNV – vagens não viáveis por planta; NG – número de grãos; NGPL – número de grãos por planta; NGVV – número de grãos por vagem viável; MMSG – massa seca de mil grãos; MSG – massa seca de grãos; Am – amodal.



A estatística descritiva dos dados gerais do experimento demonstrou que a média e mediana foram valores muito próximos, para a maioria das variáveis, quando não iguais, para muitas delas. Também chama a atenção a grande quantidade de variáveis que foram amodais, ou seja, dentre as ua consideradas, que para o experimento foram 120, os valores destas variáveis não se repetem. Cabe observar que cada ua tem em torno de 90 pixels que geraram os valores mínimos, máximos, de amplitude e média para os IV, nos diferentes estágios fenológicos da cultura. Desde do estágio V4, média e mediana apresentam este comportamento, e sugerem haver normalidade dos dados, que poderão a princípio ser analisados por ANOVA, no caso da média. Para a assimetria, os coeficientes se comportam de maneira diferente, mas em sua maioria são simétricos ( $-1 < A_s < 1$ ). Para curtose, as curvas de distribuição se comportam, em sua maioria, leptocúrtica no estágio V4 e R6 e platicúrtica de V6 a R2.

O menor CV observado foi de 4,32% para a variável MAXNDVIV6 (média dos valores máximos do IV NDVI em V6) e o maior CV foi de 295,87% para a variável MINMPRIV6 (média dos valores mínimos do IV MPRI, em V6).

Para os componentes de rendimento, as médias e medianas foram próximas e sugerem também normalidade para os dados. Os CV apresentaram menor amplitude de variação. O menor CV foi observado para a massa seca de mil grãos 7,05% e o maior para o número de vagens não viáveis 43,28%.

De maneira geral, os CV%, em sua maioria, se mantiveram variando de baixo a altos, conforme classificação de Pimentel e Gomes (1985), que com base nos coeficientes estimados nos ensaios realizados no campo classificou-os como baixos, quando inferiores a 10%; médios, quando de 10% a 20%; altos, quando de 20% a 30%, e muito altos, quando superiores a 30%; e aceitável, conforme Carvalho et. Al (2003), que considerou o limite máximo do coeficiente de variação aceitável em relação à produtividade da planta de soja de 16%.

Tabela 4 – Estatística Descritiva para os dados do tratamento com agente biológico *Trichoderma harzianum* (TR), para o experimento de aplicação de agente de controle biológico na cultura de soja, realizado em Tupanciretá-RS, safra 2019/2020.

Dados do Tratamento com aplicação de <i>Trichoderma harzianum</i>													
VARIÁVEL	M	EP	Md	Mo	DP	S <sup>2</sup>	Ct	As	Am	V Min	V Máx	NC (95,0%)	CV (%)
MIN_NDVIV4	0,47	0,01	0,48	Am	0,05	0,00	0,90	0,44	0,25	0,36	0,61	0,02	11,38
MAX_NDVIV4	0,76	0,01	0,76	Am	0,06	0,00	-0,32	-0,05	0,25	0,65	0,89	0,02	7,59
RANGE_NDVIV4	0,29	0,01	0,29	Am	0,04	0,00	-0,45	0,33	0,16	0,21	0,37	0,02	14,11
MEAN_NDVIV4	0,63	0,01	0,63	Am	0,06	0,00	0,74	0,62	0,30	0,50	0,80	0,02	10,30
MIN_NDREV4	0,37	0,01	0,38	Am	0,03	0,00	0,88	0,16	0,14	0,30	0,44	0,01	7,92
MAX_NDREV4	0,50	0,01	0,50	Am	0,03	0,00	0,91	0,61	0,13	0,46	0,59	0,01	6,03
RANGE_NDREV4	0,13	0,00	0,14	Am	0,02	0,00	0,98	0,31	0,10	0,09	0,19	0,01	14,98
MEAN_NDREV4	0,44	0,01	0,44	Am	0,03	0,00	1,05	0,69	0,16	0,38	0,53	0,01	7,46
MIN_MPRIV4	-0,11	0,00	-0,11	Am	0,02	0,00	0,14	0,40	0,09	-0,15	-0,06	0,01	-19,35
MAX_MPRIV4	0,12	0,02	0,10	Am	0,09	0,01	1,24	0,90	0,39	-0,02	0,37	0,03	86,11
RANGE_MPRIV4	0,23	0,01	0,21	Am	0,07	0,01	0,57	0,83	0,31	0,12	0,43	0,03	35,76
MEAN_MPRIV4	-0,01	0,01	-0,03	Am	0,06	0,00	4,49	1,74	0,29	-0,10	0,19	0,02	-186,22
MIN_SAVI025V4	0,59	0,01	0,60	Am	0,07	0,00	0,90	0,44	0,31	0,46	0,77	0,03	11,38
MAX_SAVI025V4	0,95	0,01	0,96	Am	0,07	0,01	-0,32	-0,05	0,31	0,81	1,12	0,03	7,59
RANGE_SAVI025V4	0,36	0,01	0,36	Am	0,05	0,00	-0,45	0,33	0,20	0,27	0,46	0,02	14,11
MEAN_SAVI025V4	0,78	0,01	0,79	Am	0,08	0,01	0,74	0,62	0,38	0,63	1,01	0,03	10,30
MIN_SAVI05V4	0,71	0,01	0,72	Am	0,08	0,01	0,90	0,44	0,37	0,55	0,92	0,03	11,38
MAX_SAVI05V4	1,14	0,02	1,15	Am	0,09	0,01	-0,32	-0,05	0,37	0,97	1,34	0,03	7,59
RANGE_SAVI05V4	0,43	0,01	0,43	Am	0,06	0,00	-0,45	0,33	0,23	0,32	0,55	0,02	14,11
MEAN_SAVI05V4	0,94	0,02	0,94	Am	0,10	0,01	0,74	0,62	0,45	0,75	1,21	0,04	10,30
MIN_NDVIV6	0,78	0,01	0,80	Am	0,07	0,00	0,59	-0,40	0,31	0,61	0,92	0,03	8,63
MAX_NDVIV6	0,92	0,00	0,92	Am	0,02	0,00	0,72	-0,93	0,08	0,87	0,95	0,01	2,06
RANGE_NDVIV6	0,14	0,01	0,13	Am	0,06	0,00	0,91	0,46	0,26	0,02	0,28	0,02	42,47
MEAN_NDVIV6	0,87	0,01	0,88	Am	0,04	0,00	-0,11	-0,65	0,15	0,78	0,94	0,01	4,25
MIN_NDREV6	0,54	0,01	0,55	Am	0,03	0,00	0,54	-0,79	0,14	0,46	0,61	0,01	5,73

VARIÁVEL	M	EP	Md	Mo	DP	S <sup>2</sup>	Ct	As	Am	V Min	V Máx	NC (95.0%)	CV (%)
RANGE_NDREV6	0,07	0,00	0,06	Am	0,03	0,00	0,05	0,80	0,10	0,02	0,12	0,01	40,40
MEAN_NDREV6	0,58	0,00	0,58	Am	0,02	0,00	0,08	-0,42	0,09	0,53	0,62	0,01	3,66
MIN_MPRIV6	0,10	0,02	0,09	Am	0,10	0,01	3,05	1,33	0,47	-0,08	0,39	0,04	113,69
MAX_MPRIV6	0,46	0,01	0,47	Am	0,06	0,00	0,25	-0,73	0,27	0,29	0,55	0,02	13,78
RANGE_MPRIV6	0,36	0,01	0,38	Am	0,07	0,00	2,58	-1,42	0,30	0,17	0,47	0,02	17,50
MEAN_MPRIV6	0,31	0,02	0,34	Am	0,09	0,01	-0,64	-0,04	0,36	0,14	0,50	0,03	27,04
MIN_SAVI025V6	0,97	0,02	1,00	Am	0,09	0,01	0,59	-0,40	0,39	0,77	1,15	0,03	8,63
MAX_SAVI025V6	1,15	0,00	1,15	Am	0,02	0,00	0,72	-0,93	0,10	1,09	1,18	0,01	2,06
RANGE_SAVI025V6	0,18	0,01	0,17	Am	0,07	0,00	0,91	0,46	0,32	0,03	0,35	0,03	42,47
MEAN_SAVI025V6	1,09	0,01	1,11	Am	0,05	0,00	-0,11	-0,65	0,19	0,98	1,17	0,02	4,25
MIN_SAVI05V6	1,17	0,02	1,20	Am	0,10	0,01	0,59	-0,40	0,46	0,92	1,38	0,04	8,63
MAX_SAVI05V6	1,38	0,01	1,38	Am	0,03	0,00	0,72	-0,93	0,11	1,30	1,42	0,01	2,06
RANGE_SAVI05V6	0,21	0,02	0,20	Am	0,08	0,01	0,91	0,46	0,39	0,03	0,42	0,03	42,47
MEAN_SAVI05V6	1,31	0,01	1,33	Am	0,06	0,00	-0,11	-0,65	0,23	1,17	1,40	0,02	4,25
MIN_NDVIV9	0,90	0,01	0,91	Am	0,04	0,00	4,51	-1,88	0,18	0,75	0,94	0,01	4,35
MAX_NDVIV9	0,94	0,00	0,94	Am	0,01	0,00	-0,33	-0,75	0,03	0,92	0,95	0,00	0,86
RANGE_NDVIV9	0,04	0,01	0,03	Am	0,03	0,00	6,31	2,21	0,16	0,01	0,17	0,01	120,88
MEAN_NDVIV9	0,92	0,00	0,93	Am	0,02	0,00	1,66	-1,40	0,08	0,86	0,94	0,01	2,08
MIN_NDREV9	0,64	0,00	0,65	Am	0,03	0,00	1,11	-1,17	0,11	0,57	0,68	0,01	3,86
MAX_NDREV9	0,68	0,00	0,68	Am	0,01	0,00	-0,47	-0,13	0,05	0,66	0,71	0,01	1,98
RANGE_NDREV9	0,04	0,00	0,03	Am	0,02	0,00	4,02	1,66	0,08	0,02	0,09	0,01	45,39
MEAN_NDREV9	0,66	0,00	0,67	Am	0,02	0,00	0,33	-0,76	0,07	0,62	0,69	0,01	2,61
MIN_MPRIV9	0,27	0,02	0,29	Am	0,09	0,01	0,67	-0,97	0,37	0,02	0,39	0,03	31,43
MAX_MPRIV9	0,42	0,01	0,43	Am	0,04	0,00	0,27	-1,09	0,13	0,33	0,47	0,01	8,48
RANGE_MPRIV9	0,15	0,01	0,13	Am	0,07	0,00	0,47	0,95	0,25	0,07	0,32	0,02	48,71
MEAN_MPRIV9	0,35	0,01	0,38	Am	0,06	0,00	0,31	-1,05	0,23	0,19	0,42	0,02	15,75
MIN_SAVI025V9	1,12	0,01	1,13	Am	0,05	0,00	4,51	-1,88	0,23	0,94	1,17	0,02	4,35
MAX_SAVI025V9	1,17	0,00	1,17	Am	0,01	0,00	-0,33	-0,75	0,04	1,15	1,18	0,00	0,86
RANGE_SAVI025V9	0,05	0,01	0,03	Am	0,04	0,00	6,31	2,21	0,20	0,01	0,21	0,02	120,88

VARIABLEL	M	EP	Md	Mo	DP	S <sup>2</sup>	Ct	As	Am	V Min	V Máx	NC (95.0%)	CV (%)
MIN_SAVI05V9	1,34	0,01	1,36	Am	0,06	0,00	4,51	-1,88	0,27	1,13	1,41	0,02	4,35
MAX_SAVI05V9	1,40	0,00	1,41	Am	0,01	0,00	-0,33	-0,75	0,04	1,38	1,42	0,00	0,86
RANGE_SAVI05V9	0,06	0,01	0,04	Am	0,05	0,00	6,31	2,21	0,24	0,01	0,25	0,02	120,88
MEAN_SAVI05V9	1,38	0,01	1,39	Am	0,03	0,00	1,66	-1,40	0,12	1,30	1,41	0,01	2,08
MIN_NDVIR1	0,95	0,00	0,95	Am	0,00	0,00	2,21	-1,09	0,01	0,94	0,95	0,00	0,25
MAX_NDVIR1	0,96	0,00	0,96	Am	0,00	0,00	0,51	0,58	0,01	0,95	0,96	0,00	0,20
RANGE_NDVIR1	0,01	0,00	0,01	Am	0,00	0,00	0,18	0,60	0,01	0,01	0,02	0,00	24,60
MEAN_NDVIR1	0,95	0,00	0,95	Am	0,00	0,00	-0,86	-0,02	0,01	0,95	0,95	0,00	0,18
MIN_NDRER1	0,72	0,00	0,72	Am	0,01	0,00	0,93	-0,79	0,02	0,71	0,73	0,00	0,73
MAX_NDREIR1	0,75	0,00	0,75	Am	0,00	0,00	-0,18	0,06	0,02	0,74	0,76	0,00	0,63
RANGE_NDRER1	0,03	0,00	0,03	Am	0,00	0,00	-0,63	0,04	0,02	0,02	0,03	0,00	18,69
MEAN_NDRER1	0,73	0,00	0,74	Am	0,00	0,00	0,59	-0,61	0,02	0,73	0,74	0,00	0,47
MIN_MPRIR1	0,41	0,00	0,41	Am	0,02	0,00	1,55	-1,21	0,07	0,36	0,43	0,01	3,79
MAX_MPRIR1	0,49	0,00	0,50	Am	0,01	0,00	0,53	-0,14	0,05	0,47	0,52	0,00	2,22
RANGE_MPRIR1	0,09	0,00	0,09	Am	0,02	0,00	1,89	0,12	0,10	0,04	0,14	0,01	20,93
MEAN_MPRIR1	0,45	0,00	0,45	Am	0,01	0,00	-0,68	0,00	0,03	0,43	0,47	0,00	1,89
MIN_SAVI025R1	1,18	0,00	1,18	Am	0,00	0,00	2,21	-1,09	0,01	1,17	1,19	0,00	0,25
MAX_SAVI025R1	1,20	0,00	1,19	Am	0,00	0,00	0,51	0,58	0,01	1,19	1,20	0,00	0,20
RANGE_SAVI025R1	0,01	0,00	0,01	Am	0,00	0,00	0,18	0,60	0,01	0,01	0,02	0,00	24,60
MEAN_SAVI025R1	1,19	0,00	1,19	Am	0,00	0,00	-0,86	-0,02	0,01	1,19	1,19	0,00	0,18
MIN_SAVI05R1	1,42	0,00	1,42	Am	0,00	0,00	2,21	-1,09	0,02	1,41	1,42	0,00	0,25
MAX_SAVI05R1	1,43	0,00	1,43	Am	0,00	0,00	0,51	0,58	0,01	1,43	1,44	0,00	0,20
RANGE_SAVI05R1	0,01	0,00	0,01	Am	0,00	0,00	0,18	0,60	0,01	0,01	0,02	0,00	24,60
MEAN_SAVI05R1	1,43	0,00	1,43	Am	0,00	0,00	-0,86	-0,02	0,01	1,42	1,43	0,00	0,18
MIN_NDVIR2	0,95	0,00	0,95	Am	0,00	0,00	1,56	-1,04	0,01	0,94	0,95	0,00	0,31
MAX_NDVIR2	0,96	0,00	0,96	Am	0,00	0,00	-0,77	0,23	0,01	0,96	0,96	0,00	0,25
RANGE_NDVIR2	0,01	0,00	0,01	Am	0,00	0,00	3,64	1,50	0,02	0,01	0,02	0,00	26,90
MEAN_NDVIR2	0,95	0,00	0,95	Am	0,00	0,00	-0,58	0,05	0,01	0,95	0,96	0,00	0,21
MIN_NDRER2	0,67	0,00	0,67	Am	0,01	0,00	-0,61	-0,09	0,03	0,65	0,68	0,00	1,35

VARIÁVEL	M	EP	Md	Mo	DP	S <sup>2</sup>	Ct	As	Am	V Min	V Máx	NC (95.0%)	CV (%)
RANGE_NDRER2	0,05	0,00	0,05	Am	0,01	0,00	-0,13	0,38	0,04	0,04	0,08	0,00	16,80
MEAN_NDRER2	0,69	0,00	0,69	Am	0,01	0,00	-0,33	-0,34	0,03	0,68	0,71	0,00	1,00
MIN_MPRIR2	0,39	0,00	0,40	Am	0,02	0,00	-0,71	-0,40	0,07	0,35	0,42	0,01	4,98
MAX_MPRIR2	0,51	0,00	0,51	Am	0,01	0,00	0,22	0,29	0,06	0,48	0,54	0,01	2,90
RANGE_MPRIR2	0,12	0,00	0,11	Am	0,02	0,00	-0,85	0,25	0,07	0,08	0,15	0,01	15,77
MEAN_MPRIR2	0,45	0,00	0,45	Am	0,01	0,00	-0,23	-0,47	0,06	0,42	0,48	0,01	3,12
MIN_SAVI025R2	1,18	0,00	1,18	Am	0,00	0,00	1,56	-1,04	0,02	1,17	1,19	0,00	0,31
MAX_SAVI025R2	1,20	0,00	1,20	Am	0,00	0,00	-0,77	0,23	0,01	1,19	1,21	0,00	0,25
RANGE_SAVI025R2	0,02	0,00	0,01	Am	0,00	0,00	3,64	1,50	0,02	0,01	0,03	0,00	26,90
MEAN_SAVI025R2	1,19	0,00	1,19	Am	0,00	0,00	-0,58	0,05	0,01	1,19	1,20	0,00	0,21
MIN_SAVI05R2	1,42	0,00	1,42	Am	0,00	0,00	1,56	-1,04	0,02	1,41	1,43	0,00	0,31
MAX_SAVI05R2	1,44	0,00	1,44	Am	0,00	0,00	-0,77	0,23	0,01	1,43	1,45	0,00	0,25
RANGE_SAVI05R2	0,02	0,00	0,02	Am	0,00	0,00	3,64	1,50	0,02	0,01	0,04	0,00	26,90
MEAN_SAVI05R2	1,43	0,00	1,43	Am	0,00	0,00	-0,58	0,05	0,01	1,42	1,44	0,00	0,21
MIN_NDVIR6	0,72	0,01	0,71	Am	0,04	0,00	-0,05	0,34	0,17	0,63	0,81	0,01	5,48
MAX_NDVIR6	0,80	0,00	0,81	Am	0,03	0,00	-0,74	-0,41	0,09	0,75	0,84	0,01	3,17
RANGE_NDVIR6	0,09	0,01	0,08	Am	0,03	0,00	-0,78	0,25	0,12	0,03	0,15	0,01	35,72
MEAN_NDVIR6	0,76	0,01	0,76	Am	0,03	0,00	-0,45	-0,05	0,12	0,71	0,82	0,01	4,00
MIN_NDRER6	0,40	0,00	0,39	Am	0,02	0,00	1,23	0,64	0,09	0,36	0,45	0,01	4,93
MAX_NDRER6	0,45	0,00	0,45	Am	0,02	0,00	0,86	0,66	0,08	0,42	0,50	0,01	4,34
RANGE_NDRER6	0,05	0,00	0,06	Am	0,01	0,00	0,38	0,38	0,05	0,03	0,09	0,00	23,48
MEAN_NDRER6	0,42	0,00	0,42	Am	0,02	0,00	0,85	0,59	0,09	0,39	0,48	0,01	4,37
MIN_MPRIR6	0,12	0,01	0,10	Am	0,06	0,00	-0,43	0,16	0,25	0,00	0,24	0,02	61,68
MAX_MPRIR6	0,29	0,01	0,29	Am	0,03	0,00	0,17	-0,70	0,14	0,20	0,34	0,01	11,81
RANGE_MPRIR6	0,17	0,01	0,17	Am	0,06	0,00	-0,09	0,54	0,23	0,08	0,31	0,02	32,32
MEAN_MPRIR6	0,22	0,01	0,21	Am	0,04	0,00	-0,69	-0,03	0,15	0,14	0,29	0,02	20,34
MIN_SAVI025R6	0,89	0,01	0,88	Am	0,05	0,00	-0,05	0,34	0,22	0,79	1,01	0,02	5,48
MAX_SAVI025R6	1,00	0,01	1,01	Am	0,03	0,00	-0,74	-0,41	0,11	0,94	1,05	0,01	3,17
RANGE_SAVI025R6	0,11	0,01	0,10	Am	0,04	0,00	-0,78	0,25	0,15	0,04	0,18	0,01	35,72

VARIÁVEL	M	EP	Md	Mo	DP	S <sup>2</sup>	Ct	As	Am	V Min	V Máx	NC (95,0%)	CV (%)
MIN_SAVI05R6	1,07	0,01	1,06	Am	0,06	0,00	-0,05	0,34	0,26	0,95	1,21	0,02	5,48
MAX_SAVI05R6	1,21	0,01	1,21	Am	0,04	0,00	-0,74	-0,41	0,13	1,13	1,26	0,01	3,17
RANGE_SAVI05R6	0,13	0,01	0,12	Am	0,04	0,00	-0,78	0,25	0,17	0,05	0,22	0,02	35,72
MEAN_SAVI05R6	1,15	0,01	1,14	Am	0,05	0,00	-0,45	-0,05	0,18	1,06	1,24	0,02	4,00
Pl_m2	40,88	0,85	40,28	41,67	4,68	21,91	-0,71	0,26	16,67	33,33	50,00	1,75	11,62
VV_m2	1002,04	21,01	1009,72	1009,72	115,10	13248,02	1,13	0,23	558,33	751,39	1309,72	42,98	11,40
VVPl_m2	24,80	0,70	24,15	Am	3,84	14,75	0,61	0,18	18,00	15,46	33,46	1,43	15,91
VNV_m2	36,94	2,39	31,25	26,39	13,08	171,03	-1,40	0,43	40,28	19,44	59,72	4,88	41,85
MSG (kg_m2)	0,26	0,01	0,26	0,27	0,03	0,00	0,64	0,30	0,15	0,19	0,34	0,01	12,51
NG_m2	2295,83	47,26	2277,78	2250,00	258,84	66999,39	1,32	-0,01	1287,50	1648,61	2936,11	96,65	11,36
NGPL_m2	56,81	1,58	56,35	Am	8,65	74,83	2,41	0,31	47,84	33,91	81,75	3,23	15,35
NGVV_m2	2,30	0,03	2,25	Am	0,14	0,02	1,28	1,21	0,60	2,08	2,68	0,05	6,13
MSMG (kg_m2)	0,17	0,00	0,16	Am	0,01	0,00	-0,72	-0,07	0,03	0,15	0,18	0,00	4,67
MSMG (MG_ha)	1,65	0,01	1,64	Am	0,08	0,01	-0,72	-0,07	0,27	1,51	1,78	0,03	4,67
MSG (Mg_ha)	2,62	0,06	2,61	2,69	0,33	0,11	0,64	0,30	1,48	1,93	3,41	0,12	12,51

**Legenda:** M – média; EP – erro padrão; Md – mediana; Mo – moda; DP – desvio padrão; S<sup>2</sup> – variância; Ct – curtose; As – assimetria; Am – amplitude; VMin – valores mínimos; VMax – valores máximos; NC (95%) – nível de confiança de 95%; CV (%) coeficiente de variação. MIN – média dos valores mínimos; MAX – média dos valores máximos; MEAN – média dos valores médios; RANGE – média dos valores de amplitude; Pl – plantas; VV – vagens viáveis; VVPl – vagens viáveis por planta; VNV – vagens não viáveis; NG – número de grãos; NGPL número de grãos por planta; NGVV – número de grãos por vagem viável; MSMG – massa seca de mil grãos; MSG – massa seca de grãos; Am – amodal.

A estatística descritiva do tratamento *Trichoderma harzianum* (Tabela 4) demonstrou que a média e mediana foram valores muito próximos, para a maioria das variáveis (IV e componentes de rendimento), quando não iguais, para muitas delas. Comparadas às médias gerais do experimento se mostraram maiores. Também chama a atenção a grande quantidade de variáveis que foram amodais, ou seja, dentre as ua consideradas, que para o tratamento foram 30, os valores destas variáveis não se repetem. Cabe observar que cada ua tem em torno de 90 pixels que geraram os valores mínimos, máximos, de amplitude e média para os IV, nos diferentes estágios fenológicos da cultura. Desde o estágio V4, média e mediana apresentam este comportamento, e sugerem haver normalidade dos dados, que poderão a princípio ser analisados por ANOVA, no caso da média. Para a assimetria, os coeficientes se comportam de maneira diferente, mas em sua maioria são simétricos ( $-1 < A_s < 1$ ). Para curtose, as curvas de distribuição se comportam, em sua maioria, platicurtica de V4 a R2 e leptocurtica em R6.

O menor CV observado foi de 0,18% para as variáveis MEAN\_NDVIR1, MEAN\_SAVI05R1 e MEAN\_SAVI025R1 e o maior CV foi de -186,22% para as variáveis RANGE\_NDVIV9, RANGE\_SAVI025V9 e RANGE\_SAVI05V9.

Para os componentes de rendimento, as médias e medianas foram próximas e sugerem também normalidade para os dados. Os CV apresentaram menor amplitude de variação. O menor CV foi observado para a massa seca de mil grãos 4,67% e o maior para o número de vagens não viáveis 41,85%.

De maneira geral, os CV% se mantiveram a classificação variando de baixo a muito altos, conforme a classificação de Pimentel-Gomes (1985), mas em sua maioria aceitável, conforme a classificação proposta por Carvalho et al. (2003), para a cultura da soja.

Tabela 5 – Estatística Descritiva para os dados do tratamento com os agentes biológicos em associação *T. harzianum* e *B. amyloliquefaciens* (TB), para o experimento de aplicação de agente de controle biológico na cultura de soja, realizado em Tupanciretã-RS, safra 2019/2020.

Dados do Tratamento com aplicação associada de <i>T. harzianum</i> e <i>B. amyloliquefaciens</i>													
VARIÁVEL	M	EP	Md	Mo	DP	S <sup>2</sup>	Ct	As	Am	V Min	V Máx	NC (95,0%)	CV (%)
MIN_NDVIV4	0,47	0,01	0,48	Am	0,04	0,00	-1,07	-0,19	0,14	0,40	0,54	0,01	8,44
MAX_NDVIV4	0,74	0,01	0,76	Am	0,06	0,00	0,22	-1,02	0,23	0,59	0,82	0,02	8,30
RANGE_NDVIV4	0,27	0,01	0,28	Am	0,04	0,00	0,31	-0,37	0,16	0,19	0,35	0,01	12,82
MEAN_NDVIV4	0,60	0,01	0,62	Am	0,06	0,00	-0,80	-0,48	0,21	0,48	0,69	0,02	9,98
MIN_NDREV4	0,38	0,00	0,38	Am	0,02	0,00	-0,88	-0,28	0,09	0,33	0,42	0,01	6,31
MAX_NDREV4	0,49	0,01	0,49	Am	0,03	0,00	0,94	-1,10	0,12	0,41	0,53	0,01	6,15
RANGE_NDREV4	0,11	0,00	0,11	Am	0,02	0,00	1,32	0,30	0,08	0,08	0,16	0,01	15,56
MEAN_NDREV4	0,43	0,01	0,44	Am	0,03	0,00	-0,66	-0,62	0,10	0,37	0,48	0,01	6,99
MIN_MPRIV4	-0,14	0,00	-0,14	Am	0,02	0,00	0,46	-0,53	0,10	-0,20	-0,11	0,01	-15,60
MAX_MPRIV4	0,09	0,01	0,10	Am	0,07	0,00	-0,65	-0,39	0,26	-0,04	0,22	0,03	74,66
RANGE_MPRIV4	0,24	0,01	0,25	Am	0,06	0,00	-0,78	-0,51	0,21	0,11	0,32	0,02	26,18
MEAN_MPRIV4	-0,05	0,01	-0,04	Am	0,04	0,00	-0,67	-0,08	0,15	-0,12	0,03	0,01	-85,24
MIN_SAVI025V4	0,59	0,01	0,60	Am	0,05	0,00	-1,07	-0,19	0,18	0,50	0,68	0,02	8,44
MAX_SAVI025V4	0,93	0,01	0,95	Am	0,08	0,01	0,22	-1,02	0,29	0,74	1,03	0,03	8,30
RANGE_SAVI025V4	0,34	0,01	0,35	Am	0,04	0,00	0,31	-0,37	0,20	0,24	0,44	0,02	12,82
MEAN_SAVI025V4	0,76	0,01	0,77	Am	0,08	0,01	-0,80	-0,48	0,26	0,60	0,87	0,03	9,98
MIN_SAVI05V4	0,71	0,01	0,71	Am	0,06	0,00	-1,07	-0,19	0,21	0,60	0,82	0,02	8,44
MAX_SAVI05V4	1,11	0,02	1,14	Am	0,09	0,01	0,22	-1,02	0,34	0,89	1,23	0,03	8,30
RANGE_SAVI05V4	0,41	0,01	0,42	Am	0,05	0,00	0,31	-0,37	0,24	0,29	0,52	0,02	12,82
MEAN_SAVI05V4	0,91	0,02	0,92	Am	0,09	0,01	-0,80	-0,48	0,32	0,72	1,04	0,03	9,98
MIN_NDVIV6	0,76	0,01	0,77	Am	0,07	0,01	-0,07	-0,74	0,28	0,59	0,87	0,03	9,47
MAX_NDVIV6	0,92	0,00	0,92	Am	0,01	0,00	2,71	-1,51	0,07	0,87	0,94	0,01	1,62
RANGE_NDVIV6	0,16	0,01	0,14	Am	0,06	0,00	-0,20	0,69	0,23	0,07	0,30	0,02	38,32
MEAN_NDVIV6	0,86	0,01	0,87	Am	0,04	0,00	2,38	-1,55	0,19	0,72	0,91	0,02	5,13
MIN_NDREV6	0,53	0,01	0,53	Am	0,03	0,00	-0,05	-0,74	0,13	0,45	0,58	0,01	6,24



VARIÁVEL	M	EP	Md	Mo	DP	S <sup>2</sup>	Ct	As	Am	V Min	V Máx	NC (95.0%)	CV (%)
RANGE_NDREV6	0,07	0,00	0,07	Am	0,02	0,00	-0,82	0,55	0,07	0,04	0,11	0,01	31,17
MEAN_NDREV6	0,57	0,00	0,58	Am	0,02	0,00	1,06	-1,21	0,10	0,50	0,60	0,01	4,08
MIN_MPRIV6	0,06	0,02	0,06	Am	0,09	0,01	-0,65	0,10	0,34	-0,10	0,24	0,03	149,27
MAX_MPRIV6	0,46	0,01	0,48	Am	0,05	0,00	2,47	-1,51	0,21	0,31	0,52	0,02	10,43
RANGE_MPRIV6	0,41	0,01	0,41	Am	0,06	0,00	-0,60	-0,22	0,25	0,28	0,53	0,02	15,60
MEAN_MPRIV6	0,28	0,02	0,30	Am	0,08	0,01	0,78	-0,99	0,37	0,05	0,41	0,03	30,17
MIN_SAVI025V6	0,94	0,02	0,96	Am	0,09	0,01	-0,07	-0,74	0,35	0,74	1,09	0,03	9,47
MAX_SAVI025V6	1,14	0,00	1,15	Am	0,02	0,00	2,71	-1,51	0,09	1,08	1,17	0,01	1,62
RANGE_SAVI025V6	0,20	0,01	0,18	Am	0,08	0,01	-0,20	0,69	0,29	0,08	0,37	0,03	38,32
MEAN_SAVI025V6	1,07	0,01	1,09	Am	0,05	0,00	2,38	-1,55	0,24	0,90	1,14	0,02	5,13
MIN_SAVI05V6	1,13	0,02	1,15	Am	0,11	0,01	-0,07	-0,74	0,42	0,89	1,30	0,04	9,47
MAX_SAVI05V6	1,37	0,00	1,38	Am	0,02	0,00	2,71	-1,51	0,10	1,30	1,40	0,01	1,62
RANGE_SAVI05V6	0,24	0,02	0,21	Am	0,09	0,01	-0,20	0,69	0,35	0,10	0,45	0,03	38,32
MEAN_SAVI05V6	1,28	0,01	1,31	Am	0,07	0,00	2,38	-1,55	0,29	1,08	1,37	0,02	5,13
MIN_NDVIV9	0,92	0,00	0,93	Am	0,02	0,00	9,15	-2,81	0,12	0,82	0,94	0,01	2,64
MAX_NDVIV9	0,94	0,00	0,94	Am	0,01	0,00	0,80	-0,87	0,02	0,93	0,95	0,00	0,56
RANGE_NDVIV9	0,02	0,00	0,02	Am	0,02	0,00	10,20	3,03	0,10	0,01	0,11	0,01	86,12
MEAN_NDVIV9	0,93	0,00	0,94	Am	0,01	0,00	10,43	-2,81	0,06	0,88	0,95	0,00	1,25
MIN_NDREV9	0,65	0,00	0,65	Am	0,02	0,00	3,23	-1,58	0,09	0,58	0,67	0,01	3,00
MAX_NDREV9	0,69	0,00	0,69	Am	0,01	0,00	-0,14	-0,09	0,04	0,66	0,71	0,00	1,44
RANGE_NDREV9	0,04	0,00	0,04	Am	0,02	0,00	2,47	1,49	0,07	0,02	0,09	0,01	40,73
MEAN_NDREV9	0,67	0,00	0,67	Am	0,01	0,00	2,17	-0,82	0,06	0,63	0,69	0,00	1,89
MIN_MPRIV9	0,35	0,01	0,36	Am	0,06	0,00	3,12	-1,55	0,29	0,14	0,44	0,02	18,68
MAX_MPRIV9	0,45	0,00	0,45	Am	0,03	0,00	0,81	-0,69	0,12	0,38	0,50	0,01	5,67
RANGE_MPRIV9	0,10	0,01	0,09	Am	0,04	0,00	2,83	1,66	0,19	0,05	0,24	0,02	42,92
MEAN_MPRIV9	0,40	0,01	0,41	Am	0,04	0,00	4,52	-1,68	0,22	0,25	0,47	0,02	10,61
MIN_SAVI025V9	1,15	0,01	1,16	Am	0,03	0,00	9,15	-2,81	0,15	1,03	1,18	0,01	2,64
MAX_SAVI025V9	1,18	0,00	1,18	Am	0,01	0,00	0,80	-0,87	0,03	1,16	1,19	0,00	0,56
RANGE_SAVI025V9	0,03	0,00	0,02	Am	0,03	0,00	10,20	3,03	0,13	0,01	0,13	0,01	86,12

VARIABLEL	M	EP	Md	Mo	DP	S <sup>2</sup>	Ct	As	Am	V Min	V Máx	NC (95.0%)	CV (%)
MIN_SAVI05V9	1.38	0.01	1.39	Am	0.04	0.00	9.15	-2.81	0.18	1.23	1.42	0.01	2.64
MAX_SAVI05V9	1.41	0.00	1.41	Am	0.01	0.00	0.80	-0.87	0.03	1.39	1.43	0.00	0.56
RANGE_SAVI05V9	0.04	0.01	0.03	Am	0.03	0.00	10.20	3.03	0.15	0.01	0.16	0.01	86.12
MEAN_SAVI05V9	1.40	0.00	1.41	Am	0.02	0.00	10.43	-2.81	0.09	1.33	1.42	0.01	1.25
MIN_NDVIR1	0.95	0.00	0.95	Am	0.00	0.00	-0.49	0.06	0.01	0.94	0.95	0.00	0.19
MAX_NDVIR1	0.96	0.00	0.96	Am	0.00	0.00	-0.04	-0.03	0.01	0.95	0.96	0.00	0.17
RANGE_NDVIR1	0.01	0.00	0.01	Am	0.00	0.00	-0.65	-0.29	0.01	0.01	0.01	0.00	14.84
MEAN_NDVIR1	0.95	0.00	0.95	Am	0.00	0.00	-0.35	0.10	0.01	0.95	0.96	0.00	0.14
MIN_NDRER1	0.72	0.00	0.72	Am	0.00	0.00	2.22	-0.86	0.02	0.71	0.73	0.00	0.60
MAX_NDRER1	0.75	0.00	0.75	Am	0.00	0.00	-0.73	-0.18	0.02	0.74	0.76	0.00	0.58
RANGE_NDRER1	0.03	0.00	0.03	Am	0.00	0.00	-0.36	-0.29	0.02	0.02	0.04	0.00	13.18
MEAN_NDRER1	0.74	0.00	0.74	Am	0.00	0.00	-0.79	-0.31	0.01	0.73	0.74	0.00	0.49
MIN_MPRIR1	0.41	0.00	0.42	Am	0.01	0.00	1.44	0.17	0.05	0.39	0.44	0.00	2.53
MAX_MPRIR1	0.50	0.00	0.50	Am	0.01	0.00	-0.68	0.49	0.05	0.48	0.53	0.01	2.78
RANGE_MPRIR1	0.09	0.00	0.09	Am	0.01	0.00	-0.72	0.02	0.05	0.06	0.11	0.00	13.51
MEAN_MPRIR1	0.46	0.00	0.46	Am	0.01	0.00	-0.23	0.57	0.03	0.45	0.48	0.00	1.72
MIN_SAVI025R1	1.18	0.00	1.18	Am	0.00	0.00	-0.49	0.06	0.01	1.18	1.19	0.00	0.19
MAX_SAVI025R1	1.20	0.00	1.20	Am	0.00	0.00	-0.04	-0.03	0.01	1.19	1.20	0.00	0.17
RANGE_SAVI025R1	0.01	0.00	0.01	Am	0.00	0.00	-0.65	-0.29	0.01	0.01	0.01	0.00	14.84
MEAN_SAVI025R1	1.19	0.00	1.19	Am	0.00	0.00	-0.35	0.10	0.01	1.19	1.19	0.00	0.14
MIN_SAVI05R1	1.42	0.00	1.42	Am	0.00	0.00	-0.49	0.06	0.01	1.42	1.43	0.00	0.19
MAX_SAVI05R1	1.43	0.00	1.43	Am	0.00	0.00	-0.04	-0.03	0.01	1.43	1.44	0.00	0.17
RANGE_SAVI05R1	0.01	0.00	0.01	Am	0.00	0.00	-0.65	-0.29	0.01	0.01	0.02	0.00	14.84
MEAN_SAVI05R1	1.43	0.00	1.43	Am	0.00	0.00	-0.35	0.10	0.01	1.42	1.43	0.00	0.14
MIN_NDVIR2	0.95	0.00	0.95	Am	0.00	0.00	1.32	-0.11	0.02	0.94	0.96	0.00	0.44
MAX_NDVIR2	0.96	0.00	0.97	Am	0.00	0.00	-0.11	0.24	0.01	0.96	0.97	0.00	0.28
RANGE_NDVIR2	0.01	0.00	0.01	Am	0.00	0.00	3.27	1.41	0.02	0.01	0.03	0.00	27.48
MEAN_NDVIR2	0.96	0.00	0.96	Am	0.00	0.00	0.66	0.88	0.01	0.95	0.97	0.00	0.28
MIN_NDRER2	0.66	0.00	0.66	Am	0.01	0.00	-0.07	0.74	0.05	0.64	0.69	0.00	1.95

VARIÁVEL	M	EP	Md	Mo	DP	S <sup>2</sup>	Ct	As	Am	V Min	V Máx	NC (95.0%)	CV (%)
RANGE_NDRER2	0,08	0,00	0,08	Am	0,02	0,00	-0,29	-0,11	0,07	0,04	0,11	0,01	20,34
MEAN_NDRER2	0,70	0,00	0,70	Am	0,01	0,00	0,63	0,00	0,03	0,69	0,72	0,00	1,04
MIN_MPRIR2	0,39	0,01	0,39	Am	0,03	0,00	1,60	-0,47	0,17	0,29	0,46	0,01	8,71
MAX_MPRIR2	0,53	0,01	0,52	Am	0,04	0,00	1,23	0,26	0,18	0,44	0,62	0,01	7,12
RANGE_MPRIR2	0,14	0,00	0,14	Am	0,02	0,00	-1,18	-0,12	0,08	0,10	0,18	0,01	17,07
MEAN_MPRIR2	0,46	0,01	0,46	Am	0,03	0,00	3,37	-0,65	0,18	0,35	0,54	0,01	7,12
MIN_SAVI025R2	1,19	0,00	1,19	Am	0,01	0,00	1,32	-0,11	0,03	1,18	1,20	0,00	0,44
MAX_SAVI025R2	1,21	0,00	1,21	Am	0,00	0,00	-0,11	0,24	0,01	1,20	1,21	0,00	0,28
RANGE_SAVI025R2	0,02	0,00	0,02	Am	0,00	0,00	3,27	1,41	0,02	0,01	0,03	0,00	27,48
MEAN_SAVI025R2	1,20	0,00	1,20	Am	0,00	0,00	0,66	0,88	0,01	1,19	1,21	0,00	0,28
MIN_SAVI05R2	1,43	0,00	1,43	Am	0,01	0,00	1,32	-0,11	0,03	1,41	1,44	0,00	0,44
MAX_SAVI05R2	1,45	0,00	1,45	Am	0,00	0,00	-0,11	0,24	0,02	1,44	1,46	0,00	0,28
RANGE_SAVI05R2	0,02	0,00	0,02	Am	0,01	0,00	3,27	1,41	0,03	0,01	0,04	0,00	27,48
MEAN_SAVI05R2	1,44	0,00	1,44	Am	0,00	0,00	0,66	0,88	0,02	1,43	1,45	0,00	0,28
MIN_NDVIR6	0,76	0,01	0,76	Am	0,05	0,00	-0,91	-0,34	0,19	0,65	0,84	0,02	7,09
MAX_NDVIR6	0,83	0,01	0,83	Am	0,03	0,00	-1,03	-0,22	0,11	0,78	0,88	0,01	3,47
RANGE_NDVIR6	0,08	0,01	0,07	Am	0,03	0,00	-0,17	0,71	0,12	0,03	0,15	0,01	43,00
MEAN_NDVIR6	0,80	0,01	0,80	Am	0,04	0,00	-1,15	-0,11	0,13	0,73	0,86	0,01	4,73
MIN_NDRER6	0,40	0,01	0,41	Am	0,04	0,00	-0,89	0,19	0,13	0,35	0,48	0,01	8,66
MAX_NDRER6	0,48	0,01	0,47	Am	0,04	0,00	-1,04	0,48	0,12	0,42	0,55	0,01	7,64
RANGE_NDRER6	0,07	0,00	0,07	Am	0,02	0,00	0,64	-0,23	0,08	0,03	0,11	0,01	24,30
MEAN_NDRER6	0,44	0,01	0,43	Am	0,04	0,00	-1,05	0,40	0,11	0,39	0,51	0,01	7,99
MIN_MPRIR6	0,20	0,01	0,20	Am	0,08	0,01	-0,30	-0,59	0,30	0,02	0,32	0,03	38,31
MAX_MPRIR6	0,34	0,01	0,34	Am	0,03	0,00	-0,60	-0,26	0,12	0,28	0,40	0,01	9,46
RANGE_MPRIR6	0,14	0,01	0,13	Am	0,06	0,00	0,93	1,04	0,25	0,05	0,30	0,02	41,85
MEAN_MPRIR6	0,28	0,01	0,29	Am	0,04	0,00	-0,48	-0,37	0,18	0,18	0,36	0,02	15,64
MIN_SAVI025R6	0,95	0,01	0,96	Am	0,07	0,00	-0,91	-0,34	0,24	0,81	1,05	0,03	7,09
MAX_SAVI025R6	1,04	0,01	1,04	Am	0,04	0,00	-1,03	-0,22	0,13	0,97	1,10	0,01	3,47
RANGE_SAVI025R6	0,10	0,01	0,09	Am	0,04	0,00	-0,17	0,71	0,15	0,04	0,19	0,02	43,00

VARIÁVEL	M	EP	Md	Mo	DP	S <sup>2</sup>	Ct	As	Am	V Min	V Máx	NC (95,0%)	CV (%)
MIN_SAVI05R6	1,13	0,01	1,15	Am	0,08	0,01	-0,91	-0,34	0,29	0,97	1,26	0,03	7,09
MAX_SAVI05R6	1,25	0,01	1,25	Am	0,04	0,00	-1,03	-0,22	0,16	1,16	1,32	0,02	3,47
RANGE_SAVI05R6	0,12	0,01	0,10	Am	0,05	0,00	-0,17	0,71	0,18	0,04	0,23	0,02	43,00
MEAN_SAVI05R6	1,20	0,01	1,20	Am	0,06	0,00	-1,15	-0,11	0,20	1,09	1,29	0,02	4,73
PL_m2	43,24	1,15	43,06	43,06	6,27	39,34	-0,66	-0,09	23,61	31,94	55,56	2,34	14,51
VV_m2	1197,59	25,40	1196,53	1134,72	139,11	19351,31	-0,43	-0,03	568,06	901,39	1469,44	51,94	11,62
VVPL_m2	28,26	0,96	27,14	Am	5,28	27,90	-0,19	0,60	21,26	18,03	39,29	1,97	18,69
VNV_m2	27,04	1,54	25,69	16,67	8,43	71,14	0,28	0,78	33,33	16,67	50,00	3,15	31,20
MSG (kg_m2)	0,33	0,01	0,32	Am	0,04	0,00	0,61	-0,18	0,16	0,24	0,40	0,01	11,32
NG_m2	2791,39	56,87	2783,33	Am	311,51	97038,55	1,09	-0,37	1469,44	1929,17	3398,61	116,32	11,16
NGPL_m2	65,87	2,17	64,10	Am	11,89	141,27	0,16	0,26	52,63	38,58	91,22	4,44	18,04
NGVV_m2	2,34	0,03	2,30	Am	0,14	0,02	-1,17	0,23	0,48	2,11	2,59	0,05	6,15
MSMG (kg_m2)	0,17	0,00	0,17	Am	0,01	0,00	-0,20	0,18	0,04	0,15	0,19	0,00	5,64
MSMG (MG_ha)	1,70	0,02	1,70	Am	0,10	0,01	-0,20	0,18	0,36	1,53	1,89	0,04	5,64
MSG (Mg_ha)	3,26	0,07	3,24	Am	0,37	0,14	0,61	-0,18	1,61	2,35	3,96	0,14	11,32

**Legenda:** M – média; EP – erro padrão; Md – mediana; Mo – moda; DP – desvio padrão; S<sup>2</sup> – variância; Ct – curtose; As – assimetria; Am – amplitude; VMin – valores mínimos; VMax – valores máximos; NC (95%) – nível de confiança de 95%; CV (%) coeficiente de variação. MIN – média dos valores mínimos; MAX – média dos valores máximos; MEAN – média dos valores médios; RANGE – média dos valores de amplitude; PL – plantas; VV – vagens viáveis; VVPL – vagens viáveis por planta; VNV – vagens não viáveis; NG – número de grãos; NGPL número de grãos por planta; NGVV – número de grãos por vagem viável; MSMG – massa seca de mil grãos; MSG – massa seca de grãos; Am – amodal.

A estatística descritiva do tratamento *Trichoderma harzianun* associado ao *Bacillus amyloliquefaciens* demonstrou que a média e mediana foram valores muito próximos, para a maioria das variáveis, quando não iguais, para muitas delas. Comparadas às médias gerais do experimento se mostraram maiores. Também chama a atenção a grande quantidade de variáveis que foram amodais, ou seja, dentre as ua consideradas, que para o tratamento foram 30, os valores destas variáveis não se repetem. Cabe observar que cada ua tem em torno de 90 pixels que geraram os valores mínimos, máximos, de amplitude e média para os IV, nos diferentes estágios fenológicos da cultura. Desde do estágio V4, média e mediana apresentam este comportamento, e sugerem haver normalidade dos dados, que poderão a princípio ser analisados por ANOVA, no caso da média. Para a assimetria, os coeficientes se comportam de maneira diferente, mas em sua maioria são simétricos ( $-1 < As < 1$ ). Para curtose, as curvas de distribuição se comportam, em sua maioria, leptocurtica em V4, R2 e R6 e platicútica de V9 e R1. O menor CV observado foi de 0,14% para as variáveis MEAN\_NDVIR1, MEAN\_SAVI05R1 e MEAN\_SAVI025R1 e o maior CV foi de 149,27% para a variável MIN\_MPRIV6.

Para os componentes de rendimento, as médias e medianas foram próximas e sugerem também normalidade para os dados. Os CV apresentaram menor amplitude de variação. O menor CV foi observado para a massa seca de mil grãos 5,64% e o maior para o número de vagens não viáveis 31,20%.

De maneira geral, os CV% se mantiveram a classificação variando de baixo a muito altos, mas, em sua maioria aceitável, para a cultura da soja.

Tabela 6 – Estatística Descritiva para os dados do tratamento com agente biológico *Bacillus amyloliquefaciens* (BA), para o experimento de aplicação de agente de controle biológico na cultura de soja, realizado em Tupanciretã-RS, safra 2019/2020.

Dados do Tratamento com aplicação de <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>													
VARIÁVEL	M	EP	Md	Mo	DP	S <sup>2</sup>	Ct	As	Am	V Min	V Máx	NC (95,0%)	CV (%)
MIN_NDVIV4	0,45	0,01	0,45	Am	0,04	0,00	0,24	-0,16	0,19	0,34	0,54	0,02	9,26
MAX_NDVIV4	0,74	0,01	0,74	Am	0,05	0,00	0,36	-0,59	0,22	0,62	0,84	0,02	6,70
RANGE_NDVIV4	0,29	0,01	0,29	Am	0,04	0,00	2,60	0,71	0,18	0,22	0,41	0,01	12,31
MEAN_NDVIV4	0,59	0,01	0,59	Am	0,06	0,00	-0,67	-0,24	0,22	0,47	0,69	0,02	9,57
MIN_NDREV4	0,36	0,00	0,36	Am	0,02	0,00	0,17	-0,25	0,10	0,30	0,40	0,01	6,49
MAX_NDREV4	0,48	0,00	0,48	Am	0,02	0,00	0,58	-0,71	0,10	0,42	0,52	0,01	4,79
RANGE_NDREV4	0,12	0,00	0,12	Am	0,02	0,00	1,78	0,89	0,10	0,09	0,18	0,01	16,23
MEAN_NDREV4	0,42	0,00	0,42	Am	0,03	0,00	-0,71	-0,33	0,10	0,36	0,46	0,01	6,31
MIN_MPRIV4	-0,13	0,01	-0,13	Am	0,03	0,00	2,88	-0,86	0,16	-0,23	-0,07	0,01	-22,94
MAX_MPRIV4	0,10	0,01	0,10	Am	0,07	0,00	-0,15	0,03	0,29	-0,04	0,25	0,03	69,49
RANGE_MPRIV4	0,23	0,01	0,23	Am	0,06	0,00	0,36	0,45	0,25	0,12	0,37	0,02	23,70
MEAN_MPRIV4	-0,04	0,01	-0,04	Am	0,04	0,00	0,11	-0,21	0,20	-0,15	0,05	0,02	-111,95
MIN_SAVI025V4	0,56	0,01	0,56	Am	0,05	0,00	0,24	-0,16	0,24	0,43	0,67	0,02	9,26
MAX_SAVI025V4	0,93	0,01	0,93	Am	0,06	0,00	0,36	-0,59	0,27	0,78	1,04	0,02	6,70
RANGE_SAVI025V4	0,36	0,01	0,37	Am	0,04	0,00	2,60	0,71	0,23	0,28	0,51	0,02	12,31
MEAN_SAVI025V4	0,74	0,01	0,74	Am	0,07	0,00	-0,67	-0,24	0,27	0,59	0,87	0,03	9,57
MIN_SAVI05V4	0,67	0,01	0,67	Am	0,06	0,00	0,24	-0,16	0,29	0,52	0,80	0,02	9,26
MAX_SAVI05V4	1,11	0,01	1,12	Am	0,07	0,01	0,36	-0,59	0,32	0,93	1,25	0,03	6,70
RANGE_SAVI05V4	0,44	0,01	0,44	Am	0,05	0,00	2,60	0,71	0,27	0,34	0,61	0,02	12,31
MEAN_SAVI05V4	0,88	0,02	0,89	Am	0,08	0,01	-0,67	-0,24	0,33	0,71	1,04	0,03	9,57
MIN_NDVIV6	0,72	0,01	0,73	Am	0,07	0,00	-0,13	-0,39	0,28	0,55	0,83	0,03	9,71
MAX_NDVIV6	0,90	0,00	0,90	Am	0,02	0,00	0,20	-0,89	0,09	0,85	0,93	0,01	2,73
RANGE_NDVIV6	0,18	0,01	0,18	Am	0,05	0,00	-0,38	0,35	0,21	0,09	0,30	0,02	30,14
MEAN_NDVIV6	0,83	0,01	0,84	Am	0,05	0,00	0,98	-1,07	0,22	0,68	0,90	0,02	6,32
MIN_NDREV6	0,50	0,01	0,51	Am	0,03	0,00	-0,25	-0,32	0,13	0,43	0,56	0,01	6,41

VARIÁVEL	M	EP	Md	Mo	DP	S <sup>2</sup>	Ct	As	Am	V Min	V Máx	NC (95,0%)	CV (%)
RANGE_NDREV6	0,09	0,00	0,09	Am	0,03	0,00	-0,96	0,06	0,09	0,04	0,13	0,01	28,05
MEAN_NDREV6	0,55	0,00	0,56	Am	0,02	0,00	1,45	-1,15	0,11	0,48	0,59	0,01	4,43
MIN_MPRIV6	0,03	0,02	0,03	Am	0,09	0,01	-0,35	-0,10	0,37	-0,17	0,20	0,03	253,06
MAX_MPRIV6	0,40	0,02	0,41	Am	0,08	0,01	-0,39	-0,54	0,31	0,23	0,54	0,03	20,64
RANGE_MPRIV6	0,37	0,01	0,37	Am	0,07	0,00	0,44	0,28	0,29	0,24	0,53	0,02	17,98
MEAN_MPRIV6	0,23	0,02	0,25	Am	0,10	0,01	-0,50	-0,46	0,39	-0,01	0,38	0,04	44,08
MIN_SAVI025V6	0,90	0,02	0,91	Am	0,09	0,01	-0,13	-0,39	0,36	0,68	1,04	0,03	9,71
MAX_SAVI025V6	1,13	0,01	1,13	Am	0,03	0,00	0,20	-0,89	0,11	1,06	1,17	0,01	2,73
RANGE_SAVI025V6	0,23	0,01	0,23	Am	0,07	0,00	-0,38	0,35	0,27	0,11	0,38	0,03	30,14
MEAN_SAVI025V6	1,04	0,01	1,05	Am	0,07	0,00	0,98	-1,07	0,27	0,85	1,12	0,02	6,32
MIN_SAVI05V6	1,08	0,02	1,09	Am	0,10	0,01	-0,13	-0,39	0,43	0,82	1,25	0,04	9,71
MAX_SAVI05V6	1,35	0,01	1,35	Am	0,04	0,00	0,20	-0,89	0,13	1,27	1,40	0,01	2,73
RANGE_SAVI05V6	0,27	0,02	0,27	Am	0,08	0,01	-0,38	0,35	0,32	0,13	0,45	0,03	30,14
MEAN_SAVI05V6	1,24	0,01	1,26	Am	0,08	0,01	0,98	-1,07	0,33	1,02	1,35	0,03	6,32
MIN_NDVIV9	0,91	0,01	0,92	Am	0,03	0,00	6,99	-2,24	0,14	0,80	0,95	0,01	3,14
MAX_NDVIV9	0,94	0,00	0,94	Am	0,01	0,00	0,40	-0,64	0,04	0,92	0,96	0,00	0,92
RANGE_NDVIV9	0,03	0,00	0,02	Am	0,02	0,00	9,91	2,73	0,11	0,01	0,12	0,01	84,54
MEAN_NDVIV9	0,93	0,00	0,93	Am	0,02	0,00	5,26	-1,93	0,08	0,87	0,95	0,01	1,75
MIN_NDREV9	0,65	0,00	0,65	Am	0,02	0,00	3,66	-1,34	0,12	0,57	0,69	0,01	3,34
MAX_NDREV9	0,68	0,00	0,69	Am	0,01	0,00	0,69	-0,11	0,06	0,65	0,72	0,01	2,01
RANGE_NDREV9	0,04	0,00	0,03	Am	0,01	0,00	4,12	1,44	0,06	0,02	0,08	0,00	31,95
MEAN_NDREV9	0,67	0,00	0,67	Am	0,02	0,00	1,50	-0,76	0,07	0,62	0,70	0,01	2,31
MIN_MPRIV9	0,31	0,02	0,35	Am	0,10	0,01	1,22	-1,19	0,40	0,01	0,42	0,04	32,09
MAX_MPRIV9	0,44	0,01	0,44	Am	0,03	0,00	-0,18	-0,48	0,12	0,37	0,49	0,01	7,05
RANGE_MPRIV9	0,13	0,01	0,10	Am	0,07	0,01	1,62	1,27	0,32	0,04	0,36	0,03	57,46
MEAN_MPRIV9	0,39	0,01	0,40	Am	0,06	0,00	2,36	-1,45	0,26	0,20	0,46	0,02	15,88
MIN_SAVI025V9	1,14	0,01	1,15	Am	0,04	0,00	6,99	-2,24	0,18	1,00	1,18	0,01	3,14
MAX_SAVI025V9	1,18	0,00	1,18	Am	0,01	0,00	0,40	-0,64	0,04	1,15	1,20	0,00	0,92
RANGE_SAVI025V9	0,03	0,01	0,02	Am	0,03	0,00	9,91	2,73	0,14	0,01	0,15	0,01	84,54

VARIABLEL	M	EP	Md	Mo	DP	S <sup>2</sup>	Ct	As	Am	V Min	V Máx	NC (95.0%)	CV (%)
MIN_SAVI05V9	1,37	0,01	1,38	Am	0,04	0,00	6,99	-2,24	0,22	1,20	1,42	0,02	3,14
MAX_SAVI05V9	1,41	0,00	1,41	Am	0,01	0,00	0,40	-0,64	0,05	1,38	1,43	0,00	0,92
RANGE_SAVI05V9	0,04	0,01	0,03	Am	0,03	0,00	9,91	2,73	0,17	0,01	0,18	0,01	84,54
MEAN_SAVI05V9	1,40	0,00	1,40	Am	0,02	0,00	5,26	-1,93	0,12	1,31	1,43	0,01	1,75
MIN_NDVIR1	0,94	0,00	0,94	Am	0,00	0,00	-1,14	0,08	0,01	0,94	0,95	0,00	0,25
MAX_NDVIR1	0,95	0,00	0,95	Am	0,00	0,00	1,50	-0,57	0,01	0,95	0,96	0,00	0,20
RANGE_NDVIR1	0,01	0,00	0,01	Am	0,00	0,00	0,65	0,31	0,01	0,01	0,02	0,00	17,77
MEAN_NDVIR1	0,95	0,00	0,95	Am	0,00	0,00	-0,18	0,21	0,01	0,95	0,95	0,00	0,19
MIN_NDRER1	0,71	0,00	0,71	Am	0,01	0,00	-0,22	-0,06	0,03	0,70	0,72	0,00	0,96
MAX_NDRER1	0,74	0,00	0,74	Am	0,01	0,00	-0,72	-0,31	0,02	0,73	0,75	0,00	0,85
RANGE_NDRER1	0,03	0,00	0,03	Am	0,01	0,00	-0,10	0,47	0,02	0,02	0,04	0,00	18,95
MEAN_NDRER1	0,72	0,00	0,73	Am	0,01	0,00	0,37	0,26	0,02	0,71	0,74	0,00	0,77
MIN_MPRIR1	0,42	0,00	0,42	Am	0,01	0,00	-0,15	-0,04	0,04	0,40	0,44	0,00	2,30
MAX_MPRIR1	0,50	0,00	0,49	Am	0,01	0,00	-0,35	0,46	0,04	0,48	0,52	0,00	2,32
RANGE_MPRIR1	0,08	0,00	0,08	Am	0,01	0,00	-0,25	0,04	0,05	0,05	0,10	0,00	17,01
MEAN_MPRIR1	0,46	0,00	0,46	Am	0,01	0,00	0,06	0,32	0,02	0,45	0,47	0,00	1,14
MIN_SAVI025R1	1,18	0,00	1,18	Am	0,00	0,00	-1,14	0,08	0,01	1,17	1,18	0,00	0,25
MAX_SAVI025R1	1,19	0,00	1,19	Am	0,00	0,00	1,50	-0,57	0,01	1,19	1,20	0,00	0,20
RANGE_SAVI025R1	0,01	0,00	0,01	Am	0,00	0,00	0,66	0,31	0,01	0,01	0,02	0,00	17,77
MEAN_SAVI025R1	1,19	0,00	1,19	Am	0,00	0,00	-0,18	0,21	0,01	1,18	1,19	0,00	0,19
MIN_SAVI05R1	1,42	0,00	1,42	Am	0,00	0,00	-1,14	0,08	0,01	1,41	1,42	0,00	0,25
MAX_SAVI05R1	1,43	0,00	1,43	Am	0,00	0,00	1,50	-0,57	0,01	1,42	1,44	0,00	0,20
RANGE_SAVI05R1	0,02	0,00	0,02	Am	0,00	0,00	0,65	0,31	0,01	0,01	0,02	0,00	17,77
MEAN_SAVI05R1	1,42	0,00	1,42	Am	0,00	0,00	-0,18	0,21	0,01	1,42	1,43	0,00	0,19
MIN_NDVIR2	0,94	0,00	0,94	Am	0,00	0,00	-0,65	-0,37	0,01	0,94	0,95	0,00	0,36
MAX_NDVIR2	0,96	0,00	0,96	Am	0,00	0,00	-0,31	0,28	0,01	0,95	0,97	0,00	0,32
RANGE_NDVIR2	0,02	0,00	0,02	Am	0,00	0,00	0,71	0,52	0,02	0,01	0,03	0,00	21,40
MEAN_NDVIR2	0,95	0,00	0,95	Am	0,00	0,00	-0,98	0,05	0,01	0,95	0,96	0,00	0,24
MIN_NDRER2	0,68	0,00	0,68	Am	0,01	0,00	0,63	-0,93	0,05	0,65	0,70	0,00	1,85



VARIÁVEL	M	EP	Md	Mo	DP	S <sup>2</sup>	Ct	As	Am	V Min	V Máx	NC (95.0%)	CV (%)
RANGE_NDRER2	0,05	0,00	0,06	Am	0,01	0,00	-1,03	-0,05	0,04	0,03	0,07	0,00	23,46
MEAN_NDRER2	0,71	0,00	0,71	Am	0,01	0,00	0,04	-0,55	0,03	0,69	0,72	0,00	1,13
MIN_MPRIR2	0,41	0,00	0,41	Am	0,02	0,00	2,30	-1,33	0,09	0,35	0,44	0,01	4,62
MAX_MPRIR2	0,52	0,00	0,52	Am	0,02	0,00	0,36	-0,13	0,08	0,48	0,55	0,01	3,39
RANGE_MPRIR2	0,11	0,00	0,10	Am	0,02	0,00	0,93	0,55	0,11	0,05	0,16	0,01	21,38
MEAN_MPRIR2	0,46	0,00	0,47	Am	0,01	0,00	-0,25	-0,72	0,04	0,44	0,48	0,00	2,33
MIN_SAVI025R2	1,18	0,00	1,18	Am	0,00	0,00	-0,65	-0,37	0,01	1,17	1,19	0,00	0,36
MAX_SAVI025R2	1,20	0,00	1,20	Am	0,00	0,00	-0,31	0,28	0,02	1,19	1,21	0,00	0,32
RANGE_SAVI025R2	0,02	0,00	0,02	Am	0,00	0,00	0,71	0,52	0,02	0,01	0,03	0,00	21,40
MEAN_SAVI025R2	1,19	0,00	1,19	Am	0,00	0,00	-0,98	0,05	0,01	1,19	1,20	0,00	0,24
MIN_SAVI05R2	1,42	0,00	1,41	Am	0,01	0,00	-0,65	-0,37	0,02	1,40	1,42	0,00	0,36
MAX_SAVI05R2	1,44	0,00	1,44	Am	0,00	0,00	-0,31	0,28	0,02	1,43	1,45	0,00	0,32
RANGE_SAVI05R2	0,02	0,00	0,02	Am	0,01	0,00	0,71	0,52	0,02	0,01	0,04	0,00	21,40
MEAN_SAVI05R2	1,43	0,00	1,43	Am	0,00	0,00	-0,98	0,05	0,01	1,42	1,43	0,00	0,24
MIN_NDVIR6	0,72	0,01	0,72	Am	0,05	0,00	-0,27	-0,43	0,19	0,61	0,80	0,02	7,10
MAX_NDVIR6	0,81	0,01	0,81	Am	0,03	0,00	1,35	-0,67	0,16	0,71	0,88	0,01	4,14
RANGE_NDVIR6	0,09	0,01	0,08	Am	0,03	0,00	1,60	1,18	0,14	0,04	0,18	0,01	35,40
MEAN_NDVIR6	0,77	0,01	0,77	Am	0,04	0,00	1,16	-0,75	0,18	0,66	0,84	0,02	5,30
MIN_NDRER6	0,39	0,00	0,38	Am	0,03	0,00	-0,50	0,59	0,10	0,35	0,45	0,01	6,72
MAX_NDRER6	0,46	0,00	0,46	Am	0,03	0,00	0,55	0,35	0,12	0,41	0,53	0,01	5,45
RANGE_NDRER6	0,07	0,00	0,07	Am	0,02	0,00	0,96	0,90	0,08	0,05	0,13	0,01	24,27
MEAN_NDRER6	0,43	0,00	0,42	Am	0,02	0,00	-0,17	0,31	0,10	0,37	0,47	0,01	5,63
MIN_MPRIR6	0,16	0,01	0,17	Am	0,08	0,01	1,41	-0,94	0,36	-0,08	0,27	0,03	51,65
MAX_MPRIR6	0,31	0,01	0,32	Am	0,04	0,00	0,51	-0,79	0,18	0,20	0,38	0,02	13,26
RANGE_MPRIR6	0,16	0,01	0,15	Am	0,05	0,00	0,63	0,95	0,22	0,07	0,29	0,02	35,21
MEAN_MPRIR6	0,24	0,01	0,24	Am	0,06	0,00	1,67	-0,97	0,28	0,06	0,33	0,02	25,42
MIN_SAVI025R6	0,90	0,01	0,91	Am	0,06	0,00	-0,27	-0,43	0,24	0,76	1,00	0,02	7,10
MAX_SAVI025R6	1,01	0,01	1,02	Am	0,04	0,00	1,35	-0,67	0,20	0,89	1,09	0,02	4,14
RANGE_SAVI025R6	0,11	0,01	0,10	Am	0,04	0,00	1,60	1,18	0,17	0,05	0,22	0,01	35,40

VARIÁVEL	M	EP	Md	Mo	DP	S <sup>2</sup>	Ct	As	Am	V Min	V Máx	NC (95,0%)	CV (%)
MIN_SAVI05R6	1,08	0,01	1,09	Am	0,08	0,01	-0,27	-0,43	0,29	0,91	1,21	0,03	7,10
MAX_SAVI05R6	1,22	0,01	1,22	Am	0,05	0,00	1,35	-0,67	0,24	1,07	1,31	0,02	4,14
RANGE_SAVI05R6	0,13	0,01	0,12	Am	0,05	0,00	1,60	1,18	0,21	0,06	0,26	0,02	35,40
MEAN_SAVI05R6	1,16	0,01	1,16	Am	0,06	0,00	1,16	-0,75	0,26	0,99	1,26	0,02	5,30
Pl_m2	38,06	1,05	37,50	37,50	5,76	33,21	2,66	1,42	25,00	29,17	54,17	2,15	15,14
VV_m2	1084,05	20,87	1047,92	1011,11	114,29	13061,73	-0,47	0,58	415,28	931,94	1347,22	42,68	10,54
VVPl_m2	28,93	0,76	28,91	Am	4,19	17,54	-0,55	-0,11	15,88	20,62	36,50	1,56	14,48
VNV_m2	29,00	3,09	25,00	16,67	16,91	286,01	4,56	1,97	77,78	11,11	88,89	6,31	58,32
MSG (kg_m2)	0,27	0,01	0,28	Am	0,05	0,00	-0,36	0,13	0,18	0,18	0,36	0,02	16,61
NG_m2	2441,11	61,31	2401,39	Am	335,83	112781,72	-0,84	0,07	1180,56	1869,44	3050,00	125,40	13,76
NGPL_m2	65,10	1,98	66,00	Am	10,84	117,55	-0,89	-0,12	37,51	46,74	84,25	4,05	16,65
NGVV_m2	2,25	0,02	2,27	Am	0,13	0,02	-0,15	-0,46	0,53	1,97	2,50	0,05	5,88
MSMG (kg_m2)	0,16	0,00	0,16	Am	0,01	0,00	-0,76	-0,45	0,04	0,14	0,18	0,00	6,82
MSMG (MG_ha)	1,61	0,02	1,63	Am	0,11	0,01	-0,76	-0,45	0,43	1,37	1,80	0,04	6,82
MSG (Mg_ha)	2,72	0,08	2,75	Am	0,45	0,20	-0,36	0,13	1,81	1,80	3,61	0,17	16,61

**Legenda:** M – média; EP – erro padrão; Md – mediana; Mo – moda; DP – desvio padrão; S<sup>2</sup> – variância; Ct – curtose; As – assimetria; Am – amplitude; VMin – valores mínimos; VMax – valores máximos; NC (95%) – nível de confiança de 95%; CV (%) coeficiente de variação; MIN – média dos valores mínimos; MAX – média dos valores máximos; MEAN – média dos valores médios; RANGE – média dos valores de amplitude; Pl – plantas; VV – vagens viáveis; VVPl – vagens viáveis por planta; VNV – vagens não viáveis; NG – número de grãos; NGPL número de grãos por planta; NGVV – número de grãos por vagem viável; MSMG – massa seca de mil grãos; MSG – massa seca de grãos; Am – amodal.

A estatística descritiva do tratamento *Bacillus amyloliquefaciens* demonstrou que a média e mediana foram valores muito próximos, para a maioria das variáveis, quando não iguais, para muitas delas. Comparadas às médias gerais do experimento se mostraram maiores. Também chama a atenção a grande quantidade de variáveis que foram amodais, ou seja, dentre as ua consideradas, que para o tratamento foram 30, os valores destas variáveis não se repetem. Cabe observar que cada ua tem em torno de 90 pixels que geraram os valores mínimos, máximos, de amplitude e média para os IV, nos diferentes estágios fenológicos da cultura. Desde do estágio V4, média e mediana apresentam este comportamento, e sugerem haver normalidade dos dados, que poderão a princípio ser analisados por ANOVA, no caso da média. Para a assimetria, os coeficientes se comportam de maneira diferente, mas em sua maioria são simétricos ( $-1 < A_s < 1$ ). Para curtose, as curvas de distribuição se comportam, em sua maioria, platicúrtica em V4, R1, R2 e R6 e leptocúrtica em V6.

O menor CV observado foi de 0,20% para as variáveis MEAN\_NDVIR1, MEAN\_SAVI05R1 e MEAN\_SAVI025R1 e o maior CV foi de 253,06% para a variável MIN\_MPRIV6.

Para os componentes de rendimento, as médias e medianas foram próximas e sugerem também normalidade para os dados. Os CV apresentaram menor amplitude de variação. O menor CV foi observado para o número de grãos por vagens viáveis 5,88% e o maior para o número de vagens não viáveis 58,32%.

De maneira geral, os CV% se mantiveram a classificação variando de baixo a muito altos, mas, em sua maioria aceitável, para a cultura da soja.

Tabela 7 – Estatística Descritiva para os dados do tratamento testemunha, sem aplicação de agentes de controle biológico (TE), para o experimento de aplicação de agente de controle biológico na cultura de soja, realizado em Tupanciretã-RS, safra 2019/2020.

Dados do Tratamento Testemunha sem aplicação de agentes de controle biológico													
VARIÁVEL	M	EP	Md	Mo	DP	S <sup>2</sup>	Ct	As	Am	V Min	V Máx	NC (95.0%)	CV (%)
MIN_NDVIV4	0,38	0,01	0,38	Am	0,03	0,00	-1,06	-0,16	0,10	0,33	0,43	0,01	7,31
MAX_NDVIV4	0,61	0,01	0,61	Am	0,05	0,00	-0,24	-0,24	0,21	0,49	0,71	0,02	8,93
RANGE_NDVIV4	0,23	0,01	0,23	Am	0,04	0,00	-0,22	-0,22	0,16	0,14	0,30	0,02	18,16
MEAN_NDVIV4	0,48	0,01	0,48	Am	0,04	0,00	-1,10	-0,11	0,15	0,40	0,54	0,02	8,85
MIN_NDREV4	0,31	0,00	0,31	Am	0,02	0,00	-1,01	0,07	0,05	0,28	0,33	0,01	4,93
MAX_NDREV4	0,42	0,00	0,43	Am	0,03	0,00	-0,03	-0,54	0,11	0,36	0,47	0,01	6,08
RANGE_NDREV4	0,12	0,00	0,12	Am	0,02	0,00	-0,43	-0,39	0,09	0,07	0,15	0,01	18,47
MEAN_NDREV4	0,36	0,00	0,36	Am	0,02	0,00	-1,19	-0,09	0,07	0,32	0,39	0,01	5,92
MIN_MPRIV4	-0,15	0,00	-0,15	Am	0,02	0,00	-0,68	0,16	0,07	-0,18	-0,11	0,01	-13,26
MAX_MPRIV4	-0,03	0,01	-0,04	Am	0,04	0,00	-0,56	0,59	0,13	-0,08	0,04	0,01	-118,90
RANGE_MPRIV4	0,12	0,01	0,11	Am	0,03	0,00	-0,83	0,36	0,11	0,07	0,18	0,01	26,04
MEAN_MPRIV4	-0,10	0,00	-0,10	Am	0,02	0,00	-0,02	0,54	0,08	-0,13	-0,05	0,01	-18,44
MIN_SAVI025V4	0,48	0,01	0,48	Am	0,04	0,00	-1,06	-0,16	0,13	0,41	0,54	0,01	7,31
MAX_SAVI025V4	0,76	0,01	0,76	Am	0,07	0,00	-0,24	-0,24	0,26	0,62	0,88	0,03	8,93
RANGE_SAVI025V4	0,28	0,01	0,28	Am	0,05	0,00	-0,22	-0,22	0,20	0,17	0,37	0,02	18,16
MEAN_SAVI025V4	0,60	0,01	0,60	Am	0,05	0,00	-1,10	-0,11	0,18	0,50	0,68	0,02	8,85
MIN_SAVI05V4	0,58	0,01	0,57	Am	0,04	0,00	-1,06	-0,16	0,15	0,49	0,65	0,02	7,31
MAX_SAVI05V4	0,91	0,01	0,92	Am	0,08	0,01	-0,24	-0,24	0,32	0,74	1,06	0,03	8,93
RANGE_SAVI05V4	0,34	0,01	0,34	Am	0,06	0,00	-0,22	-0,22	0,24	0,20	0,44	0,02	18,16
MEAN_SAVI05V4	0,72	0,01	0,72	Am	0,06	0,00	-1,10	-0,11	0,22	0,60	0,81	0,02	8,85
MIN_NDVIV6	0,59	0,01	0,58	Am	0,08	0,01	-0,21	-0,23	0,33	0,39	0,72	0,03	13,31
MAX_NDVIV6	0,85	0,01	0,86	Am	0,04	0,00	3,87	-1,78	0,20	0,70	0,90	0,02	5,04
RANGE_NDVIV6	0,26	0,01	0,26	Am	0,05	0,00	-0,85	-0,09	0,19	0,16	0,35	0,02	19,53
MEAN_NDVIV6	0,73	0,01	0,73	Am	0,07	0,01	2,75	-1,23	0,34	0,49	0,83	0,03	9,83
MIN_NDREV6	0,44	0,01	0,44	Am	0,04	0,00	-0,24	-0,22	0,17	0,34	0,51	0,01	9,08

VARIÁVEL	M	EP	Md	Mo	DP	S <sup>2</sup>	Ct	As	Am	V Min	V Máx	NC (95.0%)	CV (%)
RANGE_NDREV6	0,11	0,01	0,10	Am	0,03	0,00	-0,79	-0,17	0,11	0,05	0,15	0,01	26,27
MEAN_NDREV6	0,50	0,01	0,50	Am	0,03	0,00	2,57	-1,17	0,16	0,38	0,55	0,01	6,90
MIN_MPRIV6	-0,05	0,01	-0,06	Am	0,06	0,00	-0,69	0,15	0,21	-0,17	0,05	0,02	-102,42
MAX_MPRIV6	0,27	0,02	0,29	Am	0,09	0,01	1,08	-0,98	0,38	0,02	0,41	0,03	31,76
RANGE_MPRIV6	0,33	0,01	0,33	Am	0,06	0,00	0,50	-0,64	0,23	0,19	0,42	0,02	17,17
MEAN_MPRIV6	0,09	0,01	0,08	Am	0,08	0,01	-0,17	-0,33	0,32	-0,10	0,22	0,03	82,36
MIN_SAVI025V6	0,73	0,02	0,72	Am	0,10	0,01	-0,21	-0,23	0,41	0,49	0,90	0,04	13,31
MAX_SAVI025V6	1,06	0,01	1,07	Am	0,05	0,00	3,87	-1,78	0,24	0,88	1,12	0,02	5,04
RANGE_SAVI025V6	0,33	0,01	0,32	Am	0,06	0,00	-0,85	-0,09	0,23	0,20	0,44	0,02	19,53
MEAN_SAVI025V6	0,91	0,02	0,91	Am	0,09	0,01	2,75	-1,23	0,42	0,61	1,04	0,03	9,83
MIN_SAVI05V6	0,88	0,02	0,87	Am	0,12	0,01	-0,21	-0,23	0,49	0,59	1,08	0,04	13,31
MAX_SAVI05V6	1,27	0,01	1,29	Am	0,06	0,00	3,87	-1,78	0,29	1,05	1,35	0,02	5,04
RANGE_SAVI05V6	0,39	0,01	0,39	Am	0,08	0,01	-0,85	-0,09	0,28	0,24	0,52	0,03	19,53
MEAN_SAVI05V6	1,10	0,02	1,09	Am	0,11	0,01	2,75	-1,23	0,51	0,74	1,24	0,04	9,83
MIN_NDVIV9	0,83	0,01	0,86	Am	0,07	0,00	1,68	-1,36	0,28	0,63	0,92	0,02	7,94
MAX_NDVIV9	0,91	0,00	0,92	Am	0,02	0,00	7,30	-2,51	0,09	0,84	0,93	0,01	2,12
RANGE_NDVIV9	0,08	0,01	0,05	Am	0,05	0,00	0,62	1,20	0,19	0,01	0,20	0,02	68,10
MEAN_NDVIV9	0,88	0,01	0,90	Am	0,04	0,00	4,48	-1,98	0,17	0,75	0,93	0,01	4,26
MIN_NDREV9	0,59	0,01	0,61	Am	0,04	0,00	1,00	-1,17	0,15	0,48	0,64	0,01	6,32
MAX_NDREV9	0,64	0,00	0,65	Am	0,02	0,00	2,43	-1,38	0,09	0,58	0,67	0,01	3,05
RANGE_NDREV9	0,05	0,00	0,04	Am	0,02	0,00	0,24	1,04	0,09	0,02	0,11	0,01	47,97
MEAN_NDREV9	0,62	0,00	0,63	Am	0,02	0,00	2,82	-1,58	0,11	0,54	0,65	0,01	4,00
MIN_MPRIV9	0,18	0,02	0,21	Am	0,10	0,01	-0,10	-0,70	0,39	-0,05	0,34	0,04	53,59
MAX_MPRIV9	0,36	0,01	0,37	Am	0,06	0,00	4,85	-1,96	0,27	0,17	0,44	0,02	15,29
RANGE_MPRIV9	0,18	0,01	0,17	Am	0,06	0,00	1,37	0,93	0,27	0,09	0,36	0,02	33,19
MEAN_MPRIV9	0,28	0,01	0,31	Am	0,08	0,01	1,21	-1,19	0,33	0,06	0,40	0,03	27,24
MIN_SAVI025V9	1,04	0,02	1,08	Am	0,08	0,01	1,68	-1,36	0,36	0,79	1,15	0,03	7,94
MAX_SAVI025V9	1,14	0,00	1,15	Am	0,02	0,00	7,30	-2,51	0,12	1,05	1,16	0,01	2,12
RANGE_SAVI025V9	0,10	0,01	0,07	Am	0,07	0,00	0,62	1,20	0,24	0,02	0,26	0,02	68,10

VARIABLEL	M	EP	Md	Mo	DP	S <sup>2</sup>	Ct	As	Am	V Min	V Máx	NC (95.0%)	CV (%)
MIN_SAVI05V9	1,25	0,02	1,29	Am	0,10	0,01	1,68	-1,36	0,43	0,95	1,38	0,04	7,94
MAX_SAVI05V9	1,37	0,01	1,38	Am	0,03	0,00	7,30	-2,51	0,14	1,26	1,40	0,01	2,12
RANGE_SAVI05V9	0,12	0,01	0,08	Am	0,08	0,01	0,62	1,20	0,29	0,02	0,31	0,03	68,10
MEAN_SAVI05V9	1,33	0,01	1,35	Am	0,06	0,00	4,48	-1,98	0,26	1,13	1,39	0,02	4,26
MIN_NDVIR1	0,93	0,00	0,94	Am	0,02	0,00	20,25	-4,27	0,09	0,85	0,94	0,01	1,84
MAX_NDVIR1	0,95	0,00	0,95	Am	0,00	0,00	0,44	-0,58	0,01	0,94	0,95	0,00	0,21
RANGE_NDVIR1	0,02	0,00	0,01	Am	0,02	0,00	21,38	4,43	0,09	0,01	0,09	0,01	100,91
MEAN_NDVIR1	0,94	0,00	0,95	Am	0,01	0,00	8,82	-2,65	0,03	0,92	0,95	0,00	0,57
MIN_NDRER1	0,70	0,00	0,70	Am	0,02	0,00	10,95	-2,86	0,08	0,63	0,71	0,01	2,27
MAX_NDRER1	0,73	0,00	0,73	Am	0,01	0,00	3,73	-1,37	0,04	0,70	0,74	0,00	0,97
RANGE_NDRER1	0,03	0,00	0,03	Am	0,01	0,00	8,62	2,64	0,05	0,02	0,07	0,00	35,62
MEAN_NDRER1	0,71	0,00	0,71	Am	0,01	0,00	5,95	-1,83	0,04	0,68	0,73	0,00	1,11
MIN_MPRIR1	0,37	0,01	0,40	Am	0,06	0,00	8,46	-2,69	0,28	0,15	0,43	0,02	15,47
MAX_MPRIR1	0,49	0,00	0,49	Am	0,01	0,00	0,04	-0,54	0,04	0,47	0,51	0,00	2,01
RANGE_MPRIR1	0,11	0,01	0,10	Am	0,05	0,00	8,94	2,82	0,26	0,07	0,32	0,02	47,24
MEAN_MPRIR1	0,44	0,00	0,45	Am	0,02	0,00	5,39	-2,14	0,10	0,37	0,46	0,01	4,86
MIN_SAVI025R1	1,17	0,00	1,17	Am	0,02	0,00	20,25	-4,27	0,12	1,06	1,18	0,01	1,84
MAX_SAVI025R1	1,19	0,00	1,19	Am	0,00	0,00	0,44	-0,58	0,01	1,18	1,19	0,00	0,21
RANGE_SAVI025R1	0,02	0,00	0,01	Am	0,02	0,00	21,38	4,43	0,11	0,01	0,12	0,01	100,91
MEAN_SAVI025R1	1,18	0,00	1,18	Am	0,01	0,00	8,82	-2,65	0,03	1,15	1,19	0,00	0,57
MIN_SAVI05R1	1,40	0,00	1,41	Am	0,03	0,00	20,25	-4,27	0,14	1,28	1,42	0,01	1,84
MAX_SAVI05R1	1,43	0,00	1,43	Am	0,00	0,00	0,44	-0,58	0,01	1,42	1,43	0,00	0,21
RANGE_SAVI05R1	0,02	0,00	0,02	Am	0,02	0,00	21,38	4,43	0,13	0,01	0,14	0,01	100,91
MEAN_SAVI05R1	1,42	0,00	1,42	Am	0,01	0,00	8,82	-2,65	0,04	1,38	1,42	0,00	0,57
MIN_NDVIR2	0,94	0,00	0,94	Am	0,01	0,00	8,38	-2,62	0,03	0,91	0,95	0,00	0,70
MAX_NDVIR2	0,96	0,00	0,96	Am	0,00	0,00	2,71	-0,99	0,01	0,95	0,96	0,00	0,26
RANGE_NDVIR2	0,01	0,00	0,01	Am	0,01	0,00	4,74	2,01	0,02	0,01	0,03	0,00	35,59
MEAN_NDVIR2	0,95	0,00	0,95	Am	0,00	0,00	3,21	-1,54	0,01	0,94	0,95	0,00	0,30
MIN_NDRER2	0,66	0,00	0,66	Am	0,01	0,00	-0,38	-0,57	0,04	0,64	0,67	0,00	1,56

VARIÁVEL	M	EP	Md	Mo	DP	S <sup>2</sup>	Ct	As	Am	V Min	V Máx	NC (95.0%)	CV (%)
RANGE_NDRER2	0,06	0,00	0,05	Am	0,01	0,00	2,29	1,54	0,06	0,04	0,10	0,01	25,87
MEAN_NDRER2	0,69	0,00	0,69	Am	0,01	0,00	0,86	-0,57	0,04	0,67	0,70	0,00	1,12
MIN_MPRIR2	0,39	0,01	0,40	Am	0,04	0,00	9,93	-2,76	0,22	0,22	0,43	0,02	10,64
MAX_MPRIR2	0,49	0,00	0,49	Am	0,01	0,00	0,18	0,44	0,06	0,47	0,53	0,00	2,59
RANGE_MPRIR2	0,11	0,01	0,09	Am	0,04	0,00	9,77	2,71	0,22	0,06	0,28	0,02	39,16
MEAN_MPRIR2	0,45	0,00	0,45	Am	0,01	0,00	5,83	-1,19	0,08	0,40	0,48	0,01	3,14
MIN_SAVI025R2	1,18	0,00	1,18	Am	0,01	0,00	8,38	-2,62	0,04	1,14	1,18	0,00	0,70
MAX_SAVI025R2	1,19	0,00	1,19	Am	0,00	0,00	2,71	-0,99	0,02	1,18	1,20	0,00	0,26
RANGE_SAVI025R2	0,02	0,00	0,02	Am	0,01	0,00	4,74	2,01	0,03	0,01	0,04	0,00	35,59
MEAN_SAVI025R2	1,19	0,00	1,19	Am	0,00	0,00	3,21	-1,54	0,02	1,17	1,19	0,00	0,30
MIN_SAVI05R2	1,41	0,00	1,41	Am	0,01	0,00	8,38	-2,62	0,05	1,37	1,42	0,00	0,70
MAX_SAVI05R2	1,43	0,00	1,43	Am	0,00	0,00	2,71	-0,99	0,02	1,42	1,44	0,00	0,26
RANGE_SAVI05R2	0,02	0,00	0,02	Am	0,01	0,00	4,74	2,01	0,04	0,01	0,05	0,00	35,59
MEAN_SAVI05R2	1,42	0,00	1,42	Am	0,00	0,00	3,21	-1,54	0,02	1,41	1,43	0,00	0,30
MIN_NDVIR6	0,67	0,01	0,67	Am	0,04	0,00	-0,27	-0,20	0,17	0,58	0,75	0,02	6,31
MAX_NDVIR6	0,77	0,01	0,77	Am	0,03	0,00	-0,34	-0,42	0,11	0,71	0,82	0,01	3,57
RANGE_NDVIR6	0,10	0,01	0,08	Am	0,04	0,00	4,67	1,86	0,18	0,06	0,24	0,01	41,04
MEAN_NDVIR6	0,73	0,01	0,73	Am	0,03	0,00	-0,65	0,11	0,11	0,68	0,78	0,01	4,17
MIN_NDRER6	0,38	0,00	0,38	Am	0,02	0,00	2,19	1,17	0,08	0,36	0,44	0,01	4,78
MAX_NDRER6	0,45	0,00	0,45	Am	0,02	0,00	0,12	0,24	0,09	0,41	0,50	0,01	4,59
RANGE_NDRER6	0,07	0,00	0,06	Am	0,02	0,00	3,53	1,63	0,09	0,04	0,13	0,01	26,36
MEAN_NDRER6	0,41	0,00	0,41	Am	0,02	0,00	1,76	0,95	0,08	0,39	0,47	0,01	4,22
MIN_MPRIR6	0,07	0,02	0,07	Am	0,08	0,01	1,91	-0,95	0,39	-0,18	0,21	0,03	123,83
MAX_MPRIR6	0,26	0,01	0,26	Am	0,04	0,00	-0,66	-0,13	0,14	0,19	0,33	0,01	14,84
RANGE_MPRIR6	0,19	0,01	0,18	Am	0,07	0,01	4,57	1,78	0,35	0,10	0,44	0,03	38,01
MEAN_MPRIR6	0,17	0,01	0,18	Am	0,04	0,00	-0,16	0,37	0,17	0,10	0,27	0,02	24,68
MIN_SAVI025R6	0,84	0,01	0,84	Am	0,05	0,00	-0,27	-0,20	0,21	0,72	0,93	0,02	6,31
MAX_SAVI025R6	0,96	0,01	0,97	Am	0,03	0,00	-0,34	-0,42	0,14	0,88	1,02	0,01	3,57
RANGE_SAVI025R6	0,12	0,01	0,10	Am	0,05	0,00	4,67	1,86	0,23	0,07	0,30	0,02	41,04

VARIÁVEL	M	EP	Md	Mo	DP	S <sup>2</sup>	Ct	As	Am	V Min	V Máx	NC (95,0%)	CV (%)
MIN_SAVI05R6	1,01	0,01	1,01	Am	0,06	0,00	-0,27	-0,20	0,26	0,87	1,12	0,02	6,31
MAX_SAVI05R6	1,16	0,01	1,16	Am	0,04	0,00	-0,34	-0,42	0,16	1,06	1,22	0,02	3,57
RANGE_SAVI05R6	0,14	0,01	0,12	Am	0,06	0,00	4,67	1,86	0,28	0,08	0,36	0,02	41,04
MEAN_SAVI05R6	1,09	0,01	1,09	Am	0,05	0,00	-0,65	0,11	0,16	1,02	1,18	0,02	4,17
Pl_m2	31,71	0,75	30,56	30,56	4,10	16,77	0,41	0,71	16,67	25,00	41,67	1,53	12,91
VV_m2	869,77	23,92	909,72	Am	130,99	17158,86	0,50	-0,85	537,50	545,83	1083,33	48,91	15,06
VVPL_m2	27,69	0,86	27,20	Am	4,69	22,00	-0,70	0,07	18,41	17,86	36,28	1,75	16,94
VNV_m2	30,69	2,23	31,25	30,56	12,24	149,71	0,03	0,04	51,39	4,17	55,56	4,57	39,86
MSG (kg_m2)	0,21	0,01	0,21	Am	0,03	0,00	0,08	-0,61	0,14	0,12	0,26	0,01	16,38
NG_m2	1971,39	50,88	2029,86	Am	278,69	77670,10	0,46	-0,84	1159,72	1279,17	2438,89	104,07	14,14
NGPL_m2	62,88	1,97	62,09	Am	10,82	116,98	-0,58	0,24	43,25	41,86	85,11	4,04	17,20
NGVV_m2	2,29	0,05	2,26	Am	0,29	0,09	10,97	2,03	1,95	1,54	3,50	0,11	12,81
MSMG (kg_m2)	0,15	0,00	0,15	Am	0,01	0,00	-0,14	-0,43	0,03	0,13	0,17	0,00	5,24
MSMG (MG_ha)	1,51	0,01	1,51	Am	0,08	0,01	-0,14	-0,43	0,32	1,33	1,65	0,03	5,24
MSG (Mg_ha)	2,06	0,06	2,15	Am	0,34	0,11	0,08	-0,61	1,41	1,23	2,65	0,13	16,38

**Legenda:** M – média; EP – erro padrão; Md – mediana; Mo – moda; DP – desvio padrão; S<sup>2</sup> – variância; Ct – curtose; As – assimetria; Am – amplitude; VMin – valores mínimos; VMax – valores máximos; NC (95%) – nível de confiança de 95%; CV (%) coeficiente de variação; MIN – média dos valores mínimos; MAX – média dos valores máximos; MEAN – média dos valores médios; RANGE – média dos valores de amplitude; Pl – plantas; VV – vagens viáveis; VVPL – vagens viáveis por planta; VNV – vagens não viáveis; NG – número de grãos; NGPL número de grãos por planta; NGVV – número de grãos por vagem viável; MSMG – massa seca de mil grãos; MSG – massa seca de grãos; Am – amodal.



A estatística descritiva do tratamento testemunha (TE), sem aplicação de agentes de controle biológico, demonstrou que a média e mediana foram valores muito próximos, para a maioria das variáveis, quando não iguais, para muitas delas. Comparadas às médias gerais do experimento se mostraram maiores. Também chama a atenção a grande quantidade de variáveis que foram amodais, ou seja, dentre as ua consideradas, que para o tratamento foram 30, os valores destas variáveis não se repetem. Cabe observar que cada ua tem em torno de 90 pixels que geraram os valores mínimos, máximos, de amplitude e média para os IV, nos diferentes estágios fenológicos da cultura. Desde do estágio V4, média e mediana apresentam este comportamento, e sugerem haver normalidade dos dados, que poderão a princípio ser analisados por ANOVA, no caso da média. O mesmo acontece com os coeficientes de assimetria e curtose. Para a assimetria, os coeficientes se comportam de maneira diferente, mas em sua maioria são simétricos ( $-1 < A_s < 1$ ). Para curtose, as curvas de distribuição se comportam, em sua maioria platicútica. O menor CV observado foi de 0,21% para as variáveis MAX\_NDVIR1, MAX\_SAVI05R1 e MAX\_SAVI025R1 e o maior CV foi de 123,83% para a variável MIN\_MPRIR6.

Para os componentes de rendimento, as médias e medianas foram próximas e sugerem também normalidade para os dados. Os CV apresentaram menor amplitude de variação. O menor CV foi observado para a massa seca de mil grãos 5,24% e o maior para o número de vagens não viáveis 39,86%.

De maneira geral, os CV% se mantiveram a classificação variando de baixo a muito altos, mas, em sua maioria aceitável, para a cultura da soja.

#### **4.1.2 Análise temporal dos índices de vegetação**

Para tornar a evolução temporal dos IV visível, foram criados 12 gráficos, 6 das médias dos valores médios, mínimos e máximos de cada IV para o experimento e 6 para as médias dos valores médios de cada IV, individualizados por tratamento.

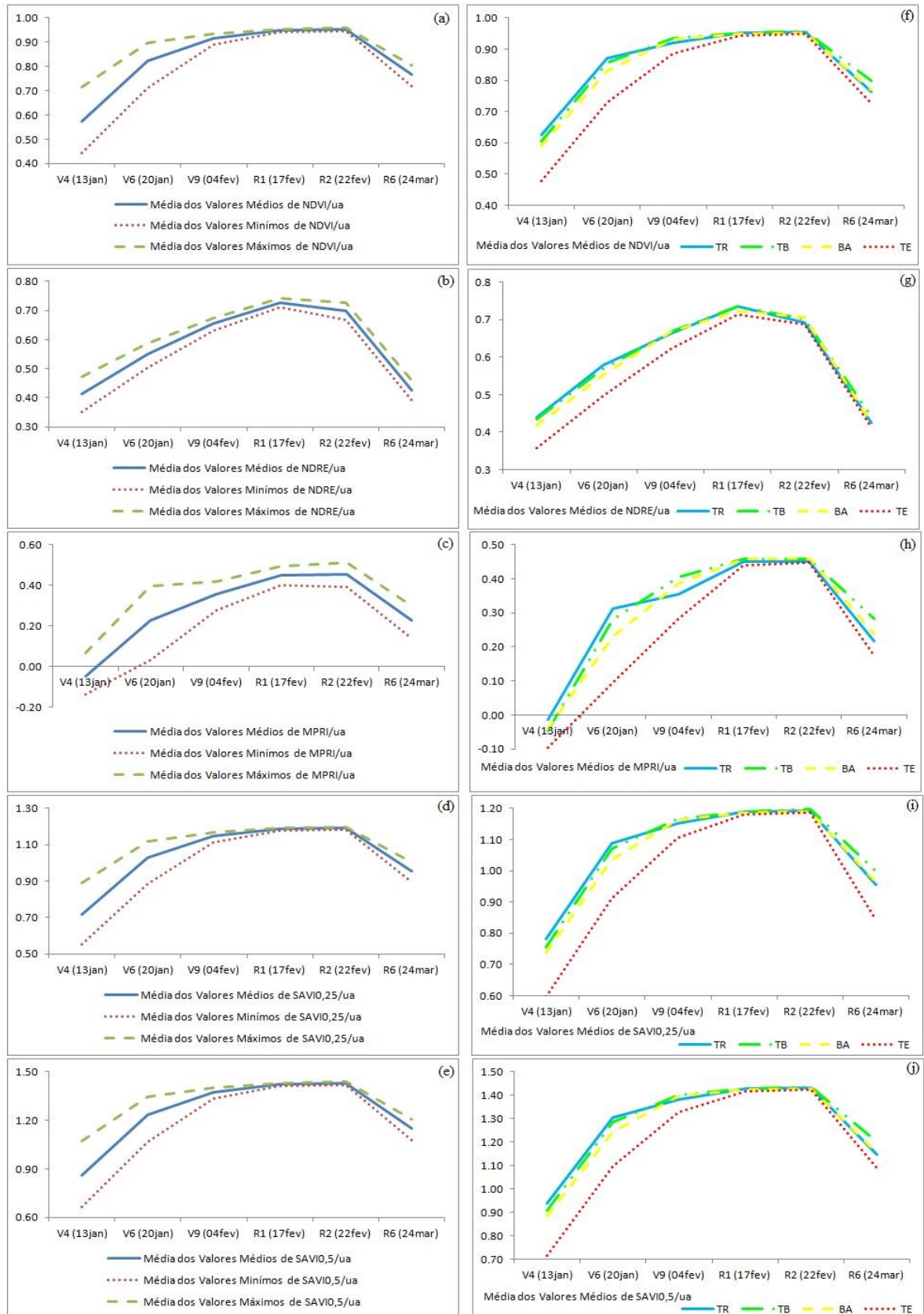
Analisando as curvas de evolução dos IV obtidas, gráficos da esquerda e a evolução dos índices (Figura 24), bem como as curvas características para NDVI, NDRE, MPRI, SAVI 0,25 e SAVI 0,5, podemos observar os comportamentos que caracterizam o crescimento e desenvolvimento da cultura de soja, com o crescimento dos índices até o pico do ciclo vegetativo e início do período reprodutivo e o decréscimo dos IV, ocorrido por ocasião da maturação e senescência da cultura.

O IV NDRE atingiu o pico máximo em R1 (Figura 24b), já os demais IV atingiram o pico em R2. Ainda em R1 os IV NDVI e SAVI saturam-se. O IV MPRI apresentou maior amplitude (Figura 24c), entre valores máximos e mínimos, já o NDRE apresentou comportamento contrário, apresentando sensível aumento na amplitude nos estágios V4 e V6. Mesmo assim o comportamento deste IV sugere que o mesmo é mais estável em relação aos demais índices avaliados.

Podemos observar também, que os IV NDVI, SAVI 0,25 e SAVI 0,5 possuem a mesma tendência temporal e se diferenciam entre si apenas pelos valores absolutos assumidos por estes IV. Isso pode ser explicado pela própria equação dos IV ajustados ao solo, ao usarem uma constante ( $L=0,25$  e  $L=0,5$ ) que ajustam os resultados à quantidade de solo exposto na área da cultura e corrobora com os resultados obtidos por Demarchi et al. (2011), cujos índices mostraram-se semelhantes para valores de porcentagem de cobertura vegetal.

Outra observação pertinente, se refere ao IV NDRE, que usa em sua equação a banda da borda do vermelho ao invés da banda vermelha do NDVI e SAVI, e que apresentou pico da média de seus valores médios em R1, declinando logo a seguir, diferentemente dos demais IV que tiveram seus picos em R2, mas com valores muito próximas em R1, com declínio somente em R6, resultado semelhante ao obtido por Taipale (2018) em sua constatação de que a utilização do IV NDRE se torna uma vantagem, já que é capaz de medir mais a fundo do dossel das plantas, além de ser menos propenso a saturação e fornece melhor resposta quando se trata de cultura em estágio posterior e, sendo possível, apresentar uma medida de variabilidade melhor que o NDVI.

Figura 24 – Gráficos da evolução dos IV da cultura da soja, experimento com aplicação de agentes de controle biológico em Tupanciretã-RS, safra 2019/2020.



Fonte: o autor.

Os comportamentos dos demais IV, que não usam o comprimento de onda da borda de vermelho em sua equação tiveram comportamentos semelhantes na análise temporal, resultado semelhante ao obtido por Oliveira (2014), que analisou os perfis temporais da cultura de soja obtidos pelos IV NDVI, EVI, EVI2 obtidos por imagens orbitais, e obteve resultados com padrão semelhante durante o desenvolvimento da cultura, mesmo analisando lavouras com épocas de plantio diferentes.

Os gráficos da direita foram construídos com o intuito de comparar a evolução das médias dos valores médios dos IV para cada tratamento, e mostrou que as médias dos valores médios de todos os IV dos tratamentos, em que se utilizaram o controle biológico, foram superiores a testemunha em todos os estágios da cultura, resultado que pode ser verificado com a comparação dos tratamentos, realizados na ANOVA e comparação de postos médios pela análise de Kruskal Wallis. Ainda o IV NDRE apresentou menor distância das curvas entre os tratamentos com aplicação de agentes de controle biológico em relação a testemunha, e nos estágios R2 e R6 as curvas praticamente se sobrepuseram (Figura 24g). Já o IV MPRI apresentou maior oscilação entre as curvas dos tratamentos (Figura 24h). Chama a atenção nos demais IV a separação das curvas dos tratamentos a partir de R2.

#### 4.2 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO DOS DADOS DO EXPERIMENTO

A análise de correlação dos dados do experimento constante na tabela 8, utilizou o coeficiente de correlação linear de Pearson e buscou correlacionar as médias dos valores médios, mínimos, máximos e de amplitude dos IV, com os CR obtidos na colheita.

Tabela 8 – Correlação entre os IV e os componentes de rendimento, para o experimento de aplicação de agente de controle biológico na cultura de soja, realizado em Tupanciretá-RS, safra 2019/2020.

	PI/m <sup>2</sup>	VV/m <sup>2</sup>	VVPI/m <sup>2</sup>	VNV/m <sup>2</sup>	MSG (kg/m <sup>2</sup> )	NG/m <sup>2</sup>	NGPI/m <sup>2</sup>	NGVV/m <sup>2</sup>	MSMG (kg/m <sup>2</sup> )	MSMG (MG/ha)	MSG (Mg/ha)
MIN_NDVIV4	0,395	0,416	0,0022	0,1	0,456	0,419	0,0152	0,0201	0,402	0,402	0,456
(p)	<0,001	<0,001	0,981	0,276	<0,001	<0,001	0,869	0,828	<0,001	<0,001	<0,001
MAX_NDVIV4	0,385	0,459	0,0502	0,123	0,475	0,449	0,0541	0,0006	0,372	0,372	0,475
(p)	<0,001	<0,001	0,586	0,181	<0,001	<0,001	0,557	0,995	<0,001	<0,001	<0,001
RANGE_NDVIV4	0,216	0,323	0,0873	0,1	0,304	0,302	0,0786	-0,023	0,184	0,184	0,304
(p)	0,0177	<0,001	0,343	0,277	<0,001	<0,001	0,393	0,803	0,0447	0,0447	<0,001
MEAN_NDVIV4	0,36	0,406	0,0232	0,0979	0,446	0,409	0,0385	0,0246	0,392	0,392	0,446
(p)	<0,001	<0,001	0,801	0,288	<0,001	<0,001	0,676	0,79	<0,001	<0,001	<0,001
MIN_NDREV4	0,435	0,49	0,0304	0,0573	<b>0,542</b>	<b>0,501</b>	0,0582	0,0489	0,464	0,464	<b>0,542</b>
(p)	<0,001	<0,001	0,742	0,534	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,528	0,596	<0,001	<0,001	<b>&lt;0,001</b>
MAX_NDREV4	0,395	0,431	0,0107	0,178	0,467	0,442	0,0396	0,0538	0,375	0,375	0,467
(p)	<0,001	<0,001	0,908	0,0516	<0,001	<0,001	0,668	0,559	<0,001	<0,001	<0,001
RANGE_NDREV4	0,0145	-0,0085	-0,0313	0,243	-0,0297	-0,0073	-0,0232	0,0197	-0,0717	-0,0717	-0,0297
(p)	0,875	0,926	0,734	0,00758	0,748	0,937	0,802	0,831	0,437	0,437	0,748
MEAN_NDREV4	0,408	0,443	0,00942	0,0973	0,496	0,456	0,039	0,0514	0,432	0,432	0,496
(p)	<0,001	<0,001	0,919	0,29	<0,001	<0,001	0,673	0,577	<0,001	<0,001	<0,001
MIN_MPRIV4	0,24	0,107	-0,14	0,269	0,0762	0,105	-0,142	-0,000843	0,0104	0,0104	0,0762
(p)	0,00825	0,244	0,127	0,00294	0,408	0,251	0,122	0,993	0,91	0,91	0,408
MAX_MPRIV4	0,331	0,397	0,0416	0,172	0,406	0,391	0,0486	0,00552	0,305	0,305	0,406
(p)	<0,001	<0,001	0,652	0,0598	<0,001	<0,001	0,598	0,952	<0,001	<0,001	<0,001
RANGE_MPRIV4	0,299	0,423	0,0988	0,103	0,444	0,417	0,108	0,00672	0,351	0,351	0,444
(p)	<0,001	<0,001	0,283	0,261	<0,001	<0,001	0,242	0,942	<0,001	<0,001	<0,001
MEAN_MPRIV4	0,28	0,271	-0,0291	0,205	0,283	0,274	-0,0169	0,0186	0,233	0,233	0,283
(p)	0,00197	<0,001	0,753	0,0248	0,00172	<0,001	0,854	0,84	0,0104	0,0104	0,00172
MIN_SAVI025V4	0,395	0,416	0,0022	0,1	0,456	0,419	0,0152	0,0201	0,402	0,402	0,456
(p)	<0,001	<0,001	0,981	0,276	<0,001	<0,001	0,869	0,828	<0,001	<0,001	<0,001

	Pl/m <sup>2</sup>	VV/m <sup>2</sup>	VVPI/m <sup>2</sup>	VNV/m <sup>2</sup>	MSG (kg/m <sup>2</sup> )	NG/m <sup>2</sup>	NGPI/m <sup>2</sup>	NGVV/m <sup>2</sup>	MMSG (kg/m <sup>2</sup> )	MMSG (MG/ha)	MSG (Mg/ha)
MAX_SAVI025V4	0,385	0,459	0,0502	0,123	0,475	0,449	0,0541	<0,001	0,372	0,372	0,475
(p)	<0,001	<0,001	0,586	0,181	<0,001	<0,001	0,557	0,995	<0,001	<0,001	<0,001
RANGE_SAVI025V4	0,216	0,323	0,0873	0,1	0,304	0,302	0,0786	-0,023	0,184	0,184	0,304
(p)	0,0177	<0,001	0,343	0,277	<0,001	0,0008	0,393	0,803	0,0447	0,0447	<0,001
MEAN_SAVI025V4	0,36	0,406	0,0232	0,0979	0,446	0,409	0,0385	0,0246	0,392	0,392	0,446
(p)	<0,001	<0,001	0,801	0,288	<0,001	<0,001	0,676	0,79	<0,001	<0,001	<0,001
MIN_SAVI05V4	0,395	0,416	0,0022	0,1	0,456	0,419	0,0152	0,0201	0,402	0,402	0,456
(p)	<0,001	<0,001	0,981	0,276	<0,001	<0,001	0,869	0,828	<0,001	<0,001	<0,001
MAX_SAVI05V4	0,385	0,459	0,0502	0,123	0,475	0,449	0,0541	<0,001	0,372	0,372	0,475
(p)	<0,001	<0,001	0,586	0,181	<0,001	<0,001	0,557	0,995	<0,001	<0,001	<0,001
RANGE_SAVI05V4	0,216	0,323	0,0873	0,1	0,304	0,302	0,0786	-0,023	0,184	0,184	0,304
(p)	0,0177	<0,001	0,343	0,277	<0,001	0,0008	0,393	0,803	0,0447	0,0447	<0,001
MEAN_SAVI05V4	0,36	0,406	0,0232	0,0979	0,446	0,409	0,0385	0,0246	0,392	0,392	0,446
(p)	<0,001	<0,001	0,801	0,288	<0,001	<0,001	0,676	0,79	<0,001	<0,001	<0,001
MIN_NDVIV6	0,45	0,418	-0,0538	0,0893	0,453	0,415	-0,0484	-0,00154	0,392	0,392	0,453
(p)	<0,001	<0,001	0,56	0,332	<0,001	<0,001	0,599	0,987	<0,001	<0,001	<0,001
MAX_NDVIV6	0,445	0,471	0,026	0,114	<b>0,513</b>	0,479	0,0468	0,0325	0,421	0,421	<b>0,513</b>
(p)	<0,001	<0,001	0,778	0,217	<0,001	<0,001	0,612	0,725	<0,001	<0,001	<0,001
RANGE_NDVIV6	-0,401	-0,343	0,0904	-0,0662	-0,37	-0,334	0,0939	0,0195	-0,333	-0,333	-0,37
(p)	<0,001	<0,001	0,326	0,472	<0,001	<0,001	0,308	0,832	<0,001	<0,001	<0,001
MEAN_NDVIV6	0,439	0,435	-0,0191	0,0849	0,481	0,443	0,000533	0,0288	0,408	0,408	0,481
(p)	<0,001	<0,001	0,836	0,357	<0,001	<0,001	0,995	0,755	<0,001	<0,001	<0,001
MIN_NDREV6	0,455	0,399	-0,0788	0,079	0,438	0,396	-0,0738	-0,00316	0,399	0,399	0,438
(p)	<0,001	<0,001	0,393	0,391	<0,001	<0,001	0,423	0,973	<0,001	<0,001	<0,001
MAX_NDREV6	0,48	0,461	-0,0341	0,168	<b>0,516</b>	0,465	-0,0116	0,0277	0,469	0,469	<b>0,516</b>
(p)	<0,001	<0,001	0,712	0,0669	<0,001	<0,001	0,9	0,764	<0,001	<0,001	<0,001

	PI/m <sup>2</sup>	VV/m <sup>2</sup>	VVPI/m <sup>2</sup>	VNV/m <sup>2</sup>	MSG (kg/m <sup>2</sup> )	NG/m <sup>2</sup>	NGPI/m <sup>2</sup>	NGVV/m <sup>2</sup>	MSMG (kg/m <sup>2</sup> )	MSMG (MG/ha)	MSG (Mg/ha)
RANGE_NDREV6	-0,3	-0,222	0,104	0,0372	-0,232	-0,211	0,119	0,0349	-0,213	-0,213	-0,232
(p)	<0,001	0,0149	0,259	0,687	0,0107	0,0205	0,197	0,705	0,0194	0,0194	0,0107
MEAN_NDREV6	0,464	0,436	-0,0457	0,102	0,488	0,443	-0,0247	0,0264	0,435	0,435	0,488
(p)	<0,001	<0,001	0,62	0,266	<0,001	<0,001	0,789	0,775	<0,001	<0,001	<0,001
MIN_MPRIV6	0,368	0,306	-0,0793	0,195	0,353	0,328	-0,0481	0,0578	0,301	0,301	0,353
(p)	<0,001	<0,001	0,389	0,0327	<0,001	<0,001	0,602	0,53	<0,001	<0,001	<0,001
MAX_MPRIV6	0,469	0,497	0,0218	0,119	<b>0,549</b>	<b>0,511</b>	0,0492	0,0483	0,439	0,439	<b>0,549</b>
(p)	<0,001	<0,001	0,813	0,196	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,594	0,601	<0,001	<0,001	<b>&lt;0,001</b>
RANGE_MPRIV6	0,188	0,32	0,148	-0,0997	0,332	0,31	0,145	-0,00951	0,239	0,239	0,332
(p)	0,0402	<0,001	0,107	0,279	<0,001	<0,001	0,114	0,918	<0,001	<0,001	<0,001
MEAN_MPRIV6	0,415	0,393	-0,0407	0,15	0,452	0,419	-0,00322	0,0725	0,377	0,377	0,452
(p)	<0,001	<0,001	0,659	0,102	<0,001	<0,001	0,972	0,432	<0,001	<0,001	<0,001
MIN_SAVI025V6	0,45	0,418	-0,0538	0,0893	0,453	0,415	-0,0484	-0,00154	0,392	0,392	0,453
(p)	<0,001	<0,001	0,56	0,332	<0,001	<0,001	0,599	0,987	<0,001	<0,001	<0,001
MAX_SAVI025V6	0,445	0,471	0,026	0,114	<b>0,513</b>	0,479	0,0468	0,0325	0,421	0,421	<b>0,513</b>
(p)	<0,001	<0,001	0,778	0,217	<b>&lt;0,001</b>	<0,001	0,612	0,725	<0,001	<0,001	<b>&lt;0,001</b>
RANGE_SAVI025V6	-0,401	-0,343	0,0904	-0,0662	-0,37	-0,334	0,0939	0,0195	-0,333	-0,333	-0,37
(p)	<0,001	<0,001	0,326	0,472	<0,001	<0,001	0,308	0,832	<0,001	<0,001	<0,001
MEAN_SAVI025V6	0,439	0,435	-0,0191	0,0849	0,481	0,443	<0,001	0,0288	0,408	0,408	0,481
(p)	<0,001	<0,001	0,836	0,357	<0,001	<0,001	0,995	0,755	<0,001	<0,001	<0,001
MIN_SAVI05V6	0,45	0,418	-0,0538	0,0893	0,453	0,415	-0,0484	-0,00154	0,392	0,392	0,453
(p)	<0,001	<0,001	0,56	0,332	<0,001	<0,001	0,599	0,987	<0,001	<0,001	<0,001
MAX_SAVI05V6	0,445	0,471	0,026	0,114	<b>0,513</b>	0,479	0,0468	0,0325	0,421	0,421	<b>0,513</b>
(p)	<0,001	<0,001	0,778	0,217	<b>&lt;0,001</b>	<0,001	0,612	0,725	<0,001	<0,001	<b>&lt;0,001</b>
RANGE_SAVI05V6	-0,401	-0,343	0,0904	-0,0662	-0,37	-0,334	0,0939	0,0195	-0,333	-0,333	-0,37
(p)	<0,001	<0,001	0,326	0,472	<0,001	<0,001	0,308	0,832	<0,001	<0,001	<0,001
MEAN_SAVI05V6	0,439	0,435	-0,0191	0,0849	0,481	0,443	<0,001	0,0288	0,408	0,408	0,481
(p)	<0,001	<0,001	0,836	0,357	<0,001	<0,001	0,995	0,755	<0,001	<0,001	<0,001

	P <sub>l/m<sup>2</sup></sub>	V <sub>V/m<sup>2</sup></sub>	V <sub>VP/m<sup>2</sup></sub>	V <sub>NV/m<sup>2</sup></sub>	MSG (kg/m <sup>2</sup> )	NG/m <sup>2</sup>	NG <sub>PI/m<sup>2</sup></sub>	NG <sub>VV/m<sup>2</sup></sub>	MSG (kg/m <sup>2</sup> )	MSG (Mg/ha)	MSG (Mg/ha)
MIN_NDVIV9	0,394	<b>0,544</b>	0,14	0,108	<b>0,514</b>	<b>0,521</b>	0,125	-0,0371	0,321	0,321	<b>0,514</b>
(p)	<0,001	<b>&lt;0,001</b>	0,126	0,242	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,172	0,688	<0,001	<0,001	<b>&lt;0,001</b>
MAX_NDVIV9	0,439	<b>0,536</b>	0,0838	0,0474	<b>0,561</b>	<b>0,546</b>	0,115	0,063	0,404	0,404	<b>0,561</b>
(p)	<0,001	<b>&lt;0,001</b>	0,363	0,607	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,213	0,494	<0,001	<0,001	<b>&lt;0,001</b>
RANGE_NDVIV9	-0,347	-0,508	-0,154	-0,125	-0,457	-0,473	-0,121	0,0766	-0,263	-0,263	-0,457
(p)	<0,001	<0,001	0,093	0,173	<0,001	<0,001	0,189	0,406	0,00375	0,00375	<0,001
MEAN_NDVIV9	0,398	<b>0,528</b>	0,119	0,0872	<b>0,523</b>	<b>0,524</b>	0,127	0,0131	0,337	0,337	<b>0,523</b>
(p)	<0,001	<b>&lt;0,001</b>	0,197	0,344	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,168	0,887	<0,001	<0,001	<b>&lt;0,001</b>
MIN_NDREV9	0,405	0,492	0,078	0,158	0,489	0,472	0,0698	-0,0303	0,365	0,365	0,489
(p)	<0,001	<0,001	0,397	0,0838	<0,001	<0,001	0,449	0,742	<0,001	<0,001	<0,001
MAX_NDREV9	0,47	0,482	-0,0086	0,1	<b>0,538</b>	0,491	0,0238	0,0601	0,461	0,461	<b>0,538</b>
(p)	<0,001	<0,001	0,926	0,275	<b>&lt;0,001</b>	<0,001	0,796	0,514	<0,001	<0,001	<b>&lt;0,001</b>
RANGE_NDREV9	-0,199	-0,351	-0,16	-0,18	-0,277	-0,303	-0,104	0,131	-0,133	-0,133	-0,277
(p)	0,0295	<0,001	0,0816	0,0491	0,00216	<0,001	0,257	0,152	0,147	0,147	0,00216
MEAN_NDREV9	0,439	0,489	0,0364	0,14	<b>0,52</b>	0,485	0,0487	0,0135	0,419	0,419	<b>0,52</b>
(p)	<0,001	<0,001	0,693	0,127	<b>&lt;0,001</b>	<0,001	0,597	0,884	<0,001	<0,001	<b>&lt;0,001</b>
MIN_MPRIV9	0,382	<b>0,563</b>	0,157	0,131	<b>0,533</b>	<b>0,569</b>	0,173	0,0404	0,25	0,25	<b>0,533</b>
(p)	<0,001	<b>&lt;0,001</b>	0,0869	0,153	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,0589	0,661	0,0058	0,0058	<b>&lt;0,001</b>
MAX_MPRIV9	0,394	<b>0,579</b>	0,174	0,0372	<b>0,558</b>	<b>0,58</b>	0,186	0,0303	0,317	0,317	<b>0,558</b>
(p)	<0,001	<b>&lt;0,001</b>	0,0576	0,687	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,0425	0,742	<0,001	<0,001	<b>&lt;0,001</b>
RANGE_MPRIV9	-0,309	-0,456	-0,118	-0,181	-0,424	-0,464	-0,134	-0,0414	-0,157	-0,157	-0,424
(p)	<0,001	<0,001	0,201	0,0477	<0,001	<0,001	0,144	0,654	0,0865	0,0865	<0,001
MEAN_MPRIV9	0,379	<b>0,571</b>	0,173	0,0929	<b>0,541</b>	<b>0,576</b>	0,188	0,0363	0,26	0,26	<b>0,541</b>
(p)	<0,001	<b>&lt;0,001</b>	0,059	0,313	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,04	0,694	0,00417	0,00417	<b>&lt;0,001</b>
MIN_SAVI025V9	0,394	<b>0,544</b>	0,14	0,108	<b>0,514</b>	<b>0,521</b>	0,125	-0,0371	0,321	0,321	<b>0,514</b>
(p)	<0,001	<b>&lt;0,001</b>	0,126	0,242	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,172	0,688	<0,001	<0,001	<b>&lt;0,001</b>



	PI/m <sup>2</sup>	VV/m <sup>2</sup>	VVPI/m <sup>2</sup>	VNV/m <sup>2</sup>	MSG (kg/m <sup>2</sup> )	NG/m <sup>2</sup>	NGPI/m <sup>2</sup>	NGVV/m <sup>2</sup>	MSMG (kg/m <sup>2</sup> )	MSMG (MG/ha)	MSG (Mg/ha)
MAX_SAVI025V9	0,439	<b>0,536</b>	0,0838	0,0474	<b>0,561</b>	<b>0,546</b>	0,115	0,063	0,404	0,404	<b>0,561</b>
(p)	<0,001	< <b>0,001</b>	0,363	0,607	< <b>0,001</b>	< <b>0,001</b>	0,213	0,494	<0,001	<0,001	< <b>0,001</b>
RANGE_SAVI025V9	-0,347	-0,508	-0,154	-0,125	-0,457	-0,473	-0,121	0,0766	-0,263	-0,263	-0,457
(p)	<0,001	<0,001	0,093	0,173	<0,001	<0,001	0,189	0,406	0,00375	0,00375	<0,001
MEAN_SAVI025V9	0,398	<b>0,528</b>	0,119	0,0872	<b>0,523</b>	<b>0,524</b>	0,127	0,0131	0,337	0,337	<b>0,523</b>
(p)	<0,001	< <b>0,001</b>	0,197	0,344	< <b>0,001</b>	< <b>0,001</b>	0,168	0,887	<0,001	<0,001	< <b>0,001</b>
MIN_SAVI05V9	0,394	<b>0,544</b>	0,14	0,108	<b>0,514</b>	<b>0,521</b>	0,125	-0,0371	0,321	0,321	<b>0,514</b>
(p)	<0,001	< <b>0,001</b>	0,126	0,242	< <b>0,001</b>	< <b>0,001</b>	0,172	0,688	<0,001	<0,001	< <b>0,001</b>
MAX_SAVI05V9	0,439	<b>0,536</b>	0,0838	0,0474	<b>0,561</b>	<b>0,546</b>	0,115	0,063	0,404	0,404	<b>0,561</b>
(p)	<0,001	< <b>0,001</b>	0,363	0,607	< <b>0,001</b>	< <b>0,001</b>	0,213	0,494	<0,001	<0,001	< <b>0,001</b>
RANGE_SAVI05V9	-0,347	- <b>0,508</b>	-0,154	-0,125	-0,457	-0,473	-0,121	0,0766	-0,263	-0,263	-0,457
(p)	<0,001	< <b>0,001</b>	0,093	0,173	<0,001	<0,001	0,189	0,406	0,00375	0,00375	<0,001
MEAN_SAVI05V9	0,398	<b>0,528</b>	0,119	0,0872	<b>0,523</b>	<b>0,524</b>	0,127	0,0131	0,337	0,337	<b>0,523</b>
(p)	<0,001	< <b>0,001</b>	0,197	0,344	< <b>0,001</b>	< <b>0,001</b>	0,168	0,887	<0,001	<0,001	< <b>0,001</b>
MIN_NDVIR1	0,35	0,44	0,0941	0,0756	0,442	0,439	0,112	0,0391	0,333	0,333	0,442
(p)	<0,001	<0,001	0,307	0,412	<0,001	<0,001	0,223	0,671	<0,001	<0,001	<0,001
MAX_NDVIR1	0,569	<b>0,568</b>	-0,0192	0,0615	<b>0,667</b>	<b>0,624</b>	0,0606	0,157	<b>0,535</b>	<b>0,535</b>	<b>0,667</b>
(p)	<0,001	< <b>0,001</b>	0,835	0,505	< <b>0,001</b>	< <b>0,001</b>	0,511	0,0875	< <b>0,001</b>	< <b>0,001</b>	< <b>0,001</b>
RANGE_NDVIR1	-0,211	-0,319	-0,12	-0,0681	-0,285	-0,296	-0,112	0,0107	-0,202	-0,202	-0,285
(p)	0,021	<0,001	0,192	0,46	0,00159	0,0010	0,223	0,908	0,0266	0,0266	0,00159
MEAN_NDVIR1	0,507	<b>0,567</b>	0,0463	0,0795	<b>0,626</b>	<b>0,593</b>	0,0977	0,103	<b>0,504</b>	<b>0,504</b>	<b>0,626</b>
(p)	<0,001	< <b>0,001</b>	0,616	0,388	< <b>0,001</b>	< <b>0,001</b>	0,288	0,263	< <b>0,001</b>	< <b>0,001</b>	< <b>0,001</b>
MIN_NDRER1	0,467	<b>0,501</b>	0,0311	0,0856	<b>0,56</b>	<b>0,514</b>	0,0606	0,0621	0,497	0,497	<b>0,56</b>
(p)	<0,001	< <b>0,001</b>	0,736	0,353	< <b>0,001</b>	< <b>0,001</b>	0,511	0,501	<0,001	<0,001	< <b>0,001</b>
MAX_NDRER1	<b>0,533</b>	<b>0,621</b>	0,0677	0,0303	<b>0,718</b>	<b>0,667</b>	0,14	0,149	<b>0,583</b>	<b>0,583</b>	<b>0,718</b>
(p)	< <b>0,001</b>	< <b>0,001</b>	0,463	0,743	< <b>0,001</b>	< <b>0,001</b>	0,129	0,104	< <b>0,001</b>	< <b>0,001</b>	< <b>0,001</b>
RANGE_NDRER1	-0,0612	<0,001	0,0466	-0,118	0,0493	0,0581	0,103	0,115	-0,0418	-0,0418	0,0493
(p)	0,507	0,916	0,613	0,2	0,593	0,528	0,263	0,211	0,651	0,651	0,593

	P <sub>1</sub> /m <sup>2</sup>	VV/m <sup>2</sup>	VVPV/m <sup>2</sup>	VNV/m <sup>2</sup>	MSG (kg/m <sup>2</sup> )	NG/m <sup>2</sup>	NGPV/m <sup>2</sup>	NGVV/m <sup>2</sup>	MMSG (kg/m <sup>2</sup> )	MMSG (MG/ha)	MSG (Mg/ha)
MEAN_NDRER1	0,537	0,574	0,0227	0,0773	0,674	0,606	0,0791	0,118	0,598	0,598	0,674
(p)	<0,001	<0,001	0,806	0,401	<0,001	<0,001	0,39	0,199	<0,001	<0,001	<0,001
MIN_MPRR1	0,316	0,418	0,11	0,055	0,375	0,385	0,0904	-0,044	0,253	0,253	0,375
(p)	<0,001	<0,001	0,231	0,551	<0,001	<0,001	0,326	0,633	0,0053	0,0053	<0,001
MAX_MPRR1	0,284	0,416	0,0913	-0,0744	0,419	0,428	0,114	0,0591	0,246	0,246	0,419
(p)	0,00166	<0,001	0,321	0,419	<0,001	<0,001	0,217	0,521	0,00677	0,00677	<0,001
RANGE_MPRR1	-0,234	-0,294	-0,0846	-0,0885	-0,247	-0,254	-0,0545	0,0706	-0,18	-0,18	-0,247
(p)	0,0101	<0,001	0,358	0,336	0,0066	<0,001	0,555	0,443	0,0489	0,0489	0,0066
MEAN_MPRR1	0,355	0,447	0,0757	0,0011	0,429	0,445	0,0905	0,0233	0,276	0,276	0,429
(p)	<0,001	<0,001	0,441	0,99	<0,001	<0,001	0,325	0,8	0,00227	0,00227	<0,001
MIN_SAVI025R1	0,35	0,44	0,0941	0,0756	0,442	0,439	0,112	0,0391	0,333	0,333	0,442
(p)	<0,001	<0,001	0,307	0,412	<0,001	<0,001	0,223	0,671	<0,001	<0,001	<0,001
MAX_SAVI025R1	0,569	0,568	-0,0192	0,0615	0,667	0,624	0,0606	0,157	0,535	0,535	0,667
(p)	<0,001	<0,001	0,835	0,505	<0,001	<0,001	0,511	0,0875	<0,001	<0,001	<0,001
RANGE_SAVI025R1	-0,211	-0,319	-0,12	-0,0681	-0,285	-0,296	-0,112	0,0107	-0,202	-0,202	-0,285
(p)	0,021	<0,001	0,192	0,46	0,00159	<0,001	0,223	0,908	0,0266	0,0266	0,00159
MEAN_SAVI025R1	0,507	0,567	0,0463	0,0795	0,626	0,593	0,0977	0,103	0,504	0,504	0,626
(p)	<0,001	<0,001	0,616	0,388	<0,001	<0,001	0,288	0,263	<0,001	<0,001	<0,001
MIN_SAVI05R1	0,35	0,44	0,0941	0,0756	0,442	0,439	0,112	0,0391	0,333	0,333	0,442
(p)	<0,001	<0,001	0,307	0,412	<0,001	<0,001	0,223	0,671	<0,001	<0,001	<0,001
MAX_SAVI05R1	0,569	0,568	-0,0192	0,0615	0,667	0,624	0,0606	0,157	0,535	0,535	0,667
(p)	<0,001	<0,001	0,835	0,505	<0,001	<0,001	0,511	0,0875	<0,001	<0,001	<0,001
RANGE_SAVI05R1	-0,211	-0,319	-0,12	-0,0681	-0,285	-0,296	-0,112	0,0107	-0,202	-0,202	-0,285
(p)	0,021	<0,001	0,192	0,46	0,00159	<0,001	0,223	0,908	0,0266	0,0266	0,00159
MEAN_SAVI05R1	0,507	0,567	0,0463	0,0795	0,626	0,593	0,0977	0,103	0,504	0,504	0,626
(p)	<0,001	<0,001	0,616	0,388	<0,001	<0,001	0,288	0,263	<0,001	<0,001	<0,001
MIN_NDIVR2	0,479	0,509	0,0173	-0,0297	0,563	0,526	0,0593	0,0971	0,477	0,477	0,563
(p)	<0,001	<0,001	0,852	0,748	<0,001	<0,001	0,52	0,291	<0,001	<0,001	<0,001

	PI/m <sup>2</sup>	VV/m <sup>2</sup>	VVPI/m <sup>2</sup>	VNV/m <sup>2</sup>	MSG (kg/m <sup>2</sup> )	NG/m <sup>2</sup>	NGPI/m <sup>2</sup>	NGVV/m <sup>2</sup>	MSMG (kg/m <sup>2</sup> )	MSMG (MG/ha)	MSG (Mg/ha)
MAX_NDVIR2	0,469	<b>0,635</b>	0,127	-0,156	<b>0,695</b>	<b>0,661</b>	0,186	0,125	<b>0,517</b>	<b>0,517</b>	<b>0,695</b>
(p)	<0,001	< <b>0,001</b>	0,165	0,0892	< <b>0,001</b>	< <b>0,001</b>	0,0423	0,173	< <b>0,001</b>	< <b>0,001</b>	< <b>0,001</b>
RANGE_NDVIR2	-0,208	-0,0794	0,107	-0,119	-0,0963	-0,078	0,107	-0,0111	-0,155	-0,155	-0,0963
(p)	0,0224	0,388	0,243	0,196	0,296	0,397	0,246	0,905	0,0903	0,0903	0,296
MEAN_NDVIR2	<b>0,542</b>	0,63	0,0546	-0,107	<b>0,7</b>	<b>0,66</b>	0,113	0,125	<b>0,541</b>	<b>0,541</b>	<b>0,7</b>
(p)	< <b>0,001</b>	<0,001	0,553	0,246	< <b>0,001</b>	< <b>0,001</b>	0,218	0,173	< <b>0,001</b>	< <b>0,001</b>	< <b>0,001</b>
MIN_NDRER2	-0,037	0,264	0,29	-0,058	0,235	0,223	0,258	-0,0466	0,17	0,17	0,235
(p)	0,688	<0,001	0,00133	0,529	0,00991	0,0142	<0,001	0,613	0,0639	0,0639	<0,001
MAX_NDRER2	0,263	<b>0,585</b>	0,289	-0,191	<b>0,598</b>	<b>0,598</b>	0,335	0,11	0,357	0,357	<b>0,598</b>
(p)	0,00372	< <b>0,001</b>	0,00135	0,0366	< <b>0,001</b>	< <b>0,001</b>	0,000186	0,233	<0,001	<0,001	< <b>0,001</b>
RANGE_NDRER2	0,258	0,298	0,0211	-0,12	0,333	0,342	0,0861	0,132	0,175	0,175	0,333
(p)	<0,001	<0,001	0,819	0,192	<0,001	<0,001	0,35	0,15	0,0558	0,0558	<0,001
MEAN_NDRER2	0,193	<b>0,568</b>	0,344	-0,111	<b>0,568</b>	<b>0,548</b>	0,349	0,0253	0,393	0,393	<b>0,568</b>
(p)	0,0346	< <b>0,001</b>	0,00012	0,227	< <b>0,001</b>	< <b>0,001</b>	<0,001	0,784	<0,001	<0,001	< <b>0,001</b>
MIN_MPRIR2	0,107	0,156	0,0393	-0,00631	0,0743	0,108	-0,0129	-0,11	0,0138	0,0138	0,0743
(p)	0,245	0,0897	0,67	0,945	0,42	0,239	0,889	0,233	0,881	0,881	0,42
MAX_MPRIR2	0,289	0,394	0,0701	-0,223	0,382	0,367	0,0613	-0,0266	0,275	0,275	0,382
(p)	0,00135	<0,001	0,447	0,0145	<0,001	<0,001	0,506	0,773	0,00237	0,00237	<0,001
RANGE_MPRIR2	0,136	0,176	0,0195	-0,182	0,248	0,2	0,065	0,0887	0,219	0,219	0,248
(p)	0,138	0,0547	0,832	0,0467	0,00636	0,0283	0,481	0,336	0,0164	0,0164	0,00636
MEAN_MPRIR2	0,209	0,267	0,0381	-0,137	0,223	0,249	0,029	-0,0242	0,109	0,109	0,223
(p)	0,0221	<0,001	0,679	0,135	0,0142	<0,001	0,754	0,793	0,238	0,238	0,0142
MIN_SAVI025R2	0,479	<b>0,509</b>	0,0173	-0,0297	<b>0,563</b>	<b>0,526</b>	0,0593	0,0971	0,477	0,477	<b>0,563</b>
(p)	<0,001	< <b>0,001</b>	0,852	0,748	< <b>0,001</b>	< <b>0,001</b>	0,52	0,291	<0,001	<0,001	< <b>0,001</b>
MAX_SAVI025R2	0,469	<b>0,635</b>	0,127	-0,156	<b>0,695</b>	<b>0,661</b>	0,186	0,125	<b>0,517</b>	<b>0,517</b>	<b>0,695</b>
(p)	<0,001	< <b>0,001</b>	0,165	0,0892	< <b>0,001</b>	< <b>0,001</b>	0,0423	0,173	< <b>0,001</b>	< <b>0,001</b>	< <b>0,001</b>
RANGE_SAVI025R2	-0,208	-0,079	0,107	-0,119	-0,0963	-0,078	0,107	-0,0111	-0,155	-0,155	-0,0963
(p)	0,0224	0,388	0,243	0,196	0,296	0,397	0,246	0,905	0,0903	0,0903	0,296

	P <sub>l/m<sup>2</sup></sub>	VV <sub>l/m<sup>2</sup></sub>	VVP <sub>l/m<sup>2</sup></sub>	VNV <sub>l/m<sup>2</sup></sub>	MSG (kg/m <sup>2</sup> )	NG <sub>l/m<sup>2</sup></sub>	NGP <sub>l/m<sup>2</sup></sub>	NGV <sub>l/m<sup>2</sup></sub>	MMSG (kg/m <sup>2</sup> )	MMSG (MG/ha)	MSG (Mg/ha)
MEAN_SAVI025R2	<b>0,542</b>	<b>0,63</b>	0,0546	-0,107	<b>0,7</b>	0,66	0,113	0,125	0,541	0,541	<b>0,7</b>
(p)	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,553	0,246	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,218	0,173	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
MIN_SAVI05R2	0,479	<b>0,509</b>	0,0173	-0,0297	<b>0,563</b>	<b>0,526</b>	0,0593	0,0971	0,477	0,477	<b>0,563</b>
(p)	<0,001	<b>&lt;0,001</b>	0,852	0,748	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,52	0,291	<0,001	<0,001	<b>&lt;0,001</b>
MAX_SAVI05R2	0,469	<b>0,635</b>	0,127	-0,156	<b>0,695</b>	<b>0,661</b>	0,186	0,125	<b>0,517</b>	<b>0,517</b>	<b>0,695</b>
(p)	<0,001	<b>&lt;0,001</b>	0,165	0,0892	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,0423	0,173	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
RANGE_SAVI05R2	-0,208	-0,079	0,107	-0,119	-0,0963	-0,078	0,107	-0,0111	-0,155	-0,155	-0,0963
(p)	0,0224	0,388	0,243	0,196	0,296	0,397	0,246	0,905	0,0903	0,0903	0,296
MEAN_SAVI05R2	0,542	<b>0,63</b>	0,0546	-0,107	<b>0,7</b>	<b>0,66</b>	0,113	0,125	<b>0,541</b>	<b>0,541</b>	<b>0,7</b>
(p)	<0,001	<b>&lt;0,001</b>	0,553	0,246	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,218	0,173	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
MIN_NDVIR6	0,41	0,444	0,0256	-0,128	<b>0,553</b>	0,449	0,0376	0,0179	<b>0,553</b>	<b>0,553</b>	<b>0,553</b>
(p)	<0,001	<0,001	0,782	0,162	<b>&lt;0,001</b>	<0,001	0,683	0,846	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
MAX_NDVIR6	0,5	<b>0,56</b>	0,052	-0,13	<b>0,647</b>	<b>0,549</b>	0,0505	-0,018	<b>0,609</b>	<b>0,609</b>	<b>0,647</b>
(p)	<0,001	<b>&lt;0,001</b>	0,572	0,158	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,584	0,846	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
RANGE_NDVIR6	-0,126	-0,115	0,0147	0,0682	-0,198	-0,136	-0,00647	-0,0484	-0,239	-0,239	-0,198
(p)	0,171	0,213	0,874	0,459	0,0298	0,138	0,944	0,599	0,00867	0,00867	0,0298
MEAN_NDVIR6	0,473	<b>0,513</b>	0,0313	-0,142	<b>0,625</b>	<b>0,511</b>	0,0382	0,00175	<b>0,623</b>	<b>0,623</b>	<b>0,625</b>
(p)	<0,001	<b>&lt;0,001</b>	0,734	0,122	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,679	0,985	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
MIN_NDRER6	0,345	0,178	-0,174	-0,0415	0,324	0,199	-0,151	0,0399	0,419	0,419	0,324
(p)	<0,001	0,0511	0,0568	0,653	<0,001	0,0292	0,0993	0,665	<0,001	<0,001	<0,001
MAX_NDRER6	0,315	0,245	-0,0593	-0,0998	0,336	0,239	-0,0657	-0,0256	0,378	0,378	0,336
(p)	<0,001	0,007	0,52	0,278	<0,001	<0,001	0,476	0,781	<0,001	<0,001	<0,001
RANGE_NDRER6	-0,0153	0,121	0,165	-0,0955	0,0499	0,0813	0,12	-0,0994	-0,0257	-0,0257	0,0499
(p)	0,868	0,187	0,0721	0,299	0,588	0,377	0,191	0,28	0,781	0,781	0,588
MEAN_NDRER6	0,372	0,257	-0,117	-0,0708	0,376	0,258	-0,114	-0,0057	0,446	0,446	0,376
(p)	<0,001	<0,001	0,203	0,442	<0,001	0,0044	0,215	0,951	<0,001	<0,001	<0,001
MIN_MPRIR6	0,422	0,495	0,0605	-0,174	<b>0,578</b>	0,495	0,0707	0,0196	<b>0,537</b>	<b>0,537</b>	<b>0,578</b>
(p)	<0,001	<0,001	0,511	0,0571	<b>&lt;0,001</b>	<0,001	0,443	0,831	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>

	PI/m <sup>2</sup>	VV/m <sup>2</sup>	VPPI/m <sup>2</sup>	VNV/m <sup>2</sup>	MSG (kg/m <sup>2</sup> )	NG/m <sup>2</sup>	NGPI/m <sup>2</sup>	NGVV/m <sup>2</sup>	MSMG (kg/m <sup>2</sup> )	MSMG (MG/ha)	MSG (Mg/ha)
MAX_MPRIR6	<b>0,512</b>	<b>0,617</b>	0,0974	-0,111	<b>0,689</b>	<b>0,603</b>	0,0949	-0,0206	<b>0,608</b>	<b>0,608</b>	<b>0,689</b>
(p)	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,29	0,228	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,303	0,823	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
RANGE_MPRIR6	-0,218	-0,244	-0,0128	0,168	-0,309	-0,254	-0,0295	-0,0446	-0,312	-0,312	-0,309
(p)	0,0167	<0,001	0,89	0,067	<0,001	<0,001	0,749	0,629	<0,001	<0,001	<0,001
MEAN_MPRIR6	0,478	<b>0,585</b>	0,0977	-0,16	<b>0,677</b>	<b>0,585</b>	0,108	0,0129	<b>0,61</b>	<b>0,61</b>	<b>0,677</b>
(p)	<0,001	<b>&lt;0,001</b>	0,289	0,0811	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,24	0,888	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
MIN_SAVI025R6	0,41	0,444	0,0256	-0,128	<b>0,553</b>	0,449	0,0376	0,0179	<b>0,553</b>	<b>0,553</b>	<b>0,553</b>
(p)	<0,001	<0,001	0,782	0,162	<b>&lt;0,001</b>	<0,001	0,683	0,846	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
MAX_SAVI025R6	0,5	<b>0,56</b>	0,052	-0,13	<b>0,647</b>	<b>0,549</b>	0,0505	-0,018	<b>0,609</b>	<b>0,609</b>	<b>0,647</b>
(p)	<0,001	<b>&lt;0,001</b>	0,572	0,158	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,584	0,846	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
RANGE_SAVI025R6	-0,126	-0,115	0,0147	0,0682	-0,198	-0,136	-0,00647	-0,0484	-0,239	-0,239	-0,198
(p)	0,171	0,213	0,874	0,459	0,0298	0,138	0,944	0,599	<0,001	<0,001	0,0298
MEAN_SAVI025R6	0,473	<b>0,513</b>	0,0313	-0,142	<b>0,625</b>	<b>0,511</b>	0,0382	0,00175	<b>0,623</b>	<b>0,623</b>	<b>0,625</b>
(p)	<0,001	<b>&lt;0,001</b>	0,734	0,122	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,679	0,985	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
MIN_SAVI05R6	0,41	0,444	0,0256	-0,128	<b>0,553</b>	0,449	0,0376	0,0179	<b>0,553</b>	<b>0,553</b>	<b>0,553</b>
(p)	<0,001	<0,001	0,782	0,162	<b>&lt;0,001</b>	<0,001	0,683	0,846	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
MAX_SAVI05R6	<b>0,5</b>	<b>0,56</b>	0,052	-0,13	<b>0,647</b>	<b>0,549</b>	0,0505	-0,018	<b>0,609</b>	<b>0,609</b>	<b>0,647</b>
(p)	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,572	0,158	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,584	0,846	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
RANGE_SAVI05R6	-0,126	-0,115	0,0147	0,0682	-0,198	-0,136	-0,00647	-0,0484	-0,239	-0,239	-0,198
(p)	0,171	0,213	0,874	0,459	0,0298	0,138	0,944	0,599	<0,001	<0,001	0,0298
MEAN_SAVI05R6	0,473	<b>0,513</b>	0,0313	-0,142	<b>0,625</b>	<b>0,511</b>	0,0382	0,00175	<b>0,623</b>	<b>0,623</b>	<b>0,625</b>
(p)	<0,001	<b>&lt;0,001</b>	0,734	0,122	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,679	0,985	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>

**Legenda:** MIN – valores mínimos; MAX – valores máximos; MEAN – valores médios; RANGE – valores de amplitude; PI – plantas; VV – vagens viáveis; VPPI – vagens viáveis por planta; VNV – vagens não viáveis; NG – número de grãos; NGPI número de grãos por planta; NGVV – número de grãos por vagem viável; MSMG – massa seca de mil grãos; MSG – massa seca de grãos. Em **negrito** os coeficientes de correlação iguais ou superiores a 0,5 (correlação moderada) e em vermelho os iguais ou superiores a 0,7 (correlação alta).

Os resultados, apresentados na Tabela 8, demonstram que para as variáveis correlacionadas, os CR VVPI/m<sup>2</sup>, VNV/m<sup>2</sup>, NGPI/m<sup>2</sup> e NGVV/m<sup>2</sup> não obtiveram correlação significativa ao nível de 5% com os IV estudados. Os IV NDVI, SAVI 0,25 e SAVI 0,5 obtiveram os mesmos coeficientes de correlação e mesmo nível de significância a partir de R1 até R6. O mesmo resultado foi obtido para as variáveis MSG (kg/m<sup>2</sup>) e MSG (MG/ha) e para as variáveis MSMG (kg/m<sup>2</sup>) e MSMG (MG/ha).

Os demais CR obtiveram correlações significativas ao nível de 5%, com coeficientes de correlação acima de 0,5 (correlação moderada) com os valores máximos/ua do IV NDVI, SAVI 0,25 e SAVI 0,5, em R1 e R6; com os valores médios/ua dos IV NDVI, SAVI 0,25 e SAVI 05, em R1; com os valores máximos e médios/ua dos IV NDRE, em R1 e com os valores máximos/ua do IV MPRI.

Para o CR PI/m<sup>2</sup>, a maior correlação obtida foi com os valores máximos/ua do IV NDVI, em R1 ( $r=0,569$  e  $p < 0,001$ ), classificada como moderada. Para o CR VV/m<sup>2</sup>, a maior correlação obtida foi com os valores médios/ua do IV NDVI, em R1 ( $r=0,63$  e  $p < 0,001$ ), classificada como moderada. Para o CR NG/m<sup>2</sup>, a maior correlação obtida foi com os valores máximos/ua do IV NDRE em R1 ( $r=0,667$  e  $p < 0,001$ ), classificada como moderada.

Para o CR MSMG (kg/m<sup>2</sup> e MG/ha), a maior correlação obtida foi com os valores máximos/ua do IV NDVI, em R6 ( $r=0,569$  e  $p < 0,001$ ), classificada como moderada. Para o CR MSG (kg/m<sup>2</sup> e MG/ha), a maior correlação obtida foi com os valores máximos/ua do IV NDRE, em R1 ( $r=0,718$  e  $p < 0,001$ ), classificada como alta. Essa foi a maior correlação obtida entre duas variáveis neste estudo.

Muito embora a maior correlação dos IV com rendimento de grãos da cultura da soja (MSG), no experimento, tenha ocorrido com os valores máximos do IV NDRE, em R1, os valores médios dos IV NDVI e SAVI obtiveram resultados semelhantes, alcançando coeficiente de correlação forte ( $r= 0,7$  e  $p < 0,01$ ). Resultado semelhante obtido por Bolton e Friedl (2013) que usaram IV NDVI e EVI obtidos por imagem orbital para previsão do rendimento da colheita usando IV e métricas de fenologia da colheita, nas culturas de soja e milho, nos Estados Unidos.

#### 4.3 ANÁLISE DE REGRESSÃO ENTRE OS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO E OS COMPONENTES DE RENDIMENTO DA SOJA

Os dados gerados no experimento são numerosos, por essa razão, a regressão linear entre as variáveis IV e CR foram determinadas levando-se em consideração a classificação de Hinkle et al. (2003), para interpretar os graus dos coeficientes de correlação obtidos, considerando-se, coeficientes de 0 a 0,30, uma correlação insignificante, de 0,30 a 0,50, baixa correlação, de 0,50 a 0,70, correlação moderada e de 0,70 a 1,00, correlação muito alta. Das correlações entre os IV e os CR, que tiveram coeficiente de correlação positivo superior a 0,5 (de moderada a alta), foram gerados gráficos de dispersão para o IV e CR correspondente e se construiu uma regressão linear entre as variáveis, onde se determinou a equação do modelo linear ajustado.

Os gráficos de dispersão das regressões que obtiveram coeficiente de determinação ( $R^2$ ) superiores a 0,9 (figuras Figura 25, Figura 26 e Figura 27), demonstram que, os IV NDVI, SAVI 0,25 e SAVI 0,5 obtiveram resultados muito semelhantes, para o critério adotado. Para esses índices, a média dos valores máximos, em R1, obtiveram coeficientes de determinação  $>0,90$  para os CR NP ( $R^2= 0,9834$ ) e MSMG ( $R^2= 0,9707$ ), no estágio R2, para os CR NP ( $R^2= 0,9312$ ), MSG ( $R^2= 0,932$ ) e MSMG ( $R^2= 0,9457$ ) e, no estágio R6, para os CR VV ( $R^2= 0,9783$ ), MSG ( $R^2= 0,9915$ ), e MSMG ( $R^2= 0,902$ ). Esses índices obtiveram, inclusive, o mesmo resultado para os coeficientes de determinação, mesma tendência de reta, mas com os coeficientes da equação ajustada ao modelo linear para os mesmos CR diferentes (Tabela 9).

Tabela 9 – Coeficientes de determinação e equação da reta ajustada de regressão para as médias dos valores máximos dos IV SAVI 0,5 e SAVI 0,25 em R1 e R6 e para as médias dos valores médios dos IV SAVI 0,5 e SAVI 0,25 em R6.

Índice/estágio	CR	R <sup>2</sup>	Equação da reta
MAX_SAVI 0,5 R1	NP	0,9834	y= 0.0009x + 1.3983
MAX_SAVI 0,25 R1	NP	0,9834	y= 0.0007x + 1.1652
MAX_SAVI 0,5 R1	MSMG	0,9707	y= 18.289x + 24.56
MAX_SAVI 0,25 R1	MSMG	0,9707	y= 21.946x + 24.56
MEAN_SAVI 0,5 R2	NP	0,9312	y= 0.0012x + 1.3834
MEAN_SAVI 0,25 R2	NP	0,9312	y= 0.001x + 1.1528
MEAN_SAVI 0,5 R2	MSMG	0,9457	y= 12.504x + 16.262
MÉDIA_SAVI 0,25 R2	MSMG	0,9457	y= 15.005x + 16.262
MAX_SAVI 0,5 R6	MSMG	0,9020	y= 1.9669x + 0.7567
MAX_SAVI 0,25 R6	MSMG	0,9020	y= 2.3603x + 0.7567
MAX_SAVI 0,5 R6	MSG	0,9915	y= 12.597x + 12.544
MAX_SAVI 0,25 R6	MSG	0,9915	y= 15.11x + 12.544
MAX_SAVI 0,5 R6	VV	0,9783	y= 3526x -3218.6
MAX_SAVI 0,25 R6	VV	0,9783	y= 4231.1x - 3218.6

**Legenda:** MAX\_SAVI – média dos valores máximos do índice; MEAN\_SAVI – média dos valores médios do índice. NP – número de plantas; MSMG – massa seca de mil grãos; MSG – massa seca de grãos; VV – vagens viáveis; CR = Componente de rendimento; R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinação.

Para o IV NDRE, a média dos valores máximos tiveram coeficientes de determinação >0,9, em R1, para os CR NP (R<sup>2</sup>= 0,9936) e MSMG (R<sup>2</sup>= 0,9839), e em R2, para o CR VV (R<sup>2</sup>= 0,9346).

Para o IV MPRI, a média dos valores máximos tiveram coeficiente de determinação > 0,9, em R6, para os CR VV (R<sup>2</sup>= 0,9979) e MSG (R<sup>2</sup>= 0,9684).

O CR NP, obteve o maior coeficiente de determinação, quando comparado com a média dos valores máximos do IV NDRE (Figura 26) em R1 (R<sup>2</sup>= 0,9936).

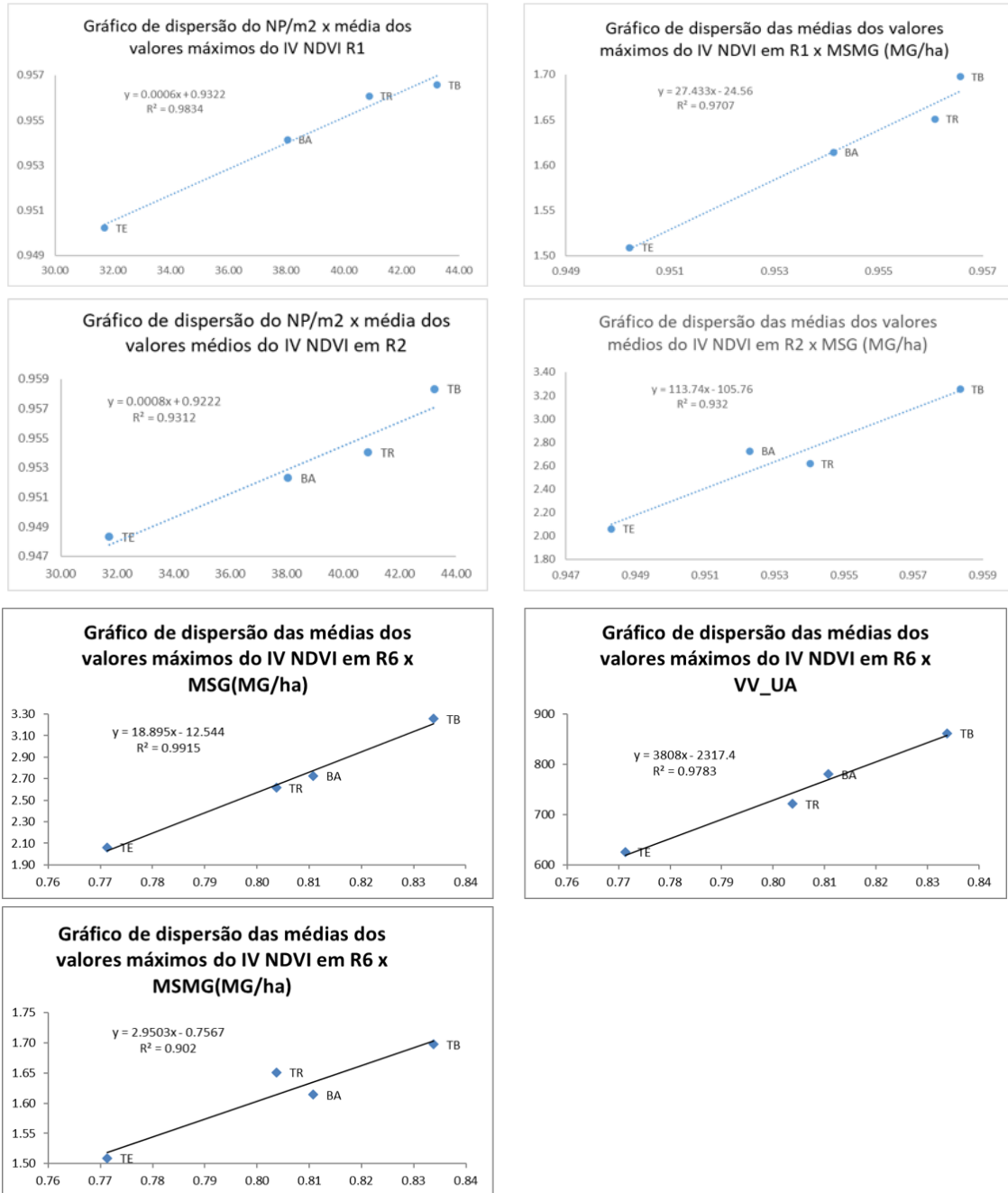
O CR VV, obteve o maior coeficiente de determinação, quando comparado com a média dos valores máximos do IV MPRI (Figura 27), em R6 (R<sup>2</sup>= 0,9979).

O CR MSMG, obteve o maior coeficiente de determinação, quando comparado com a média dos valores máximos do IV NDRE (Figura 26), em R1 (R<sup>2</sup>= 0,9839).

O CR MSG, obteve o maior coeficiente de determinação, quando comparado às médias dos valores máximos do NDVI (R<sup>2</sup>= 0,9915), SAVI 0,25 (R<sup>2</sup>= 0,9915) e SAVI 0,5 (R<sup>2</sup>= 0,9915), em R6 (Figura 25).

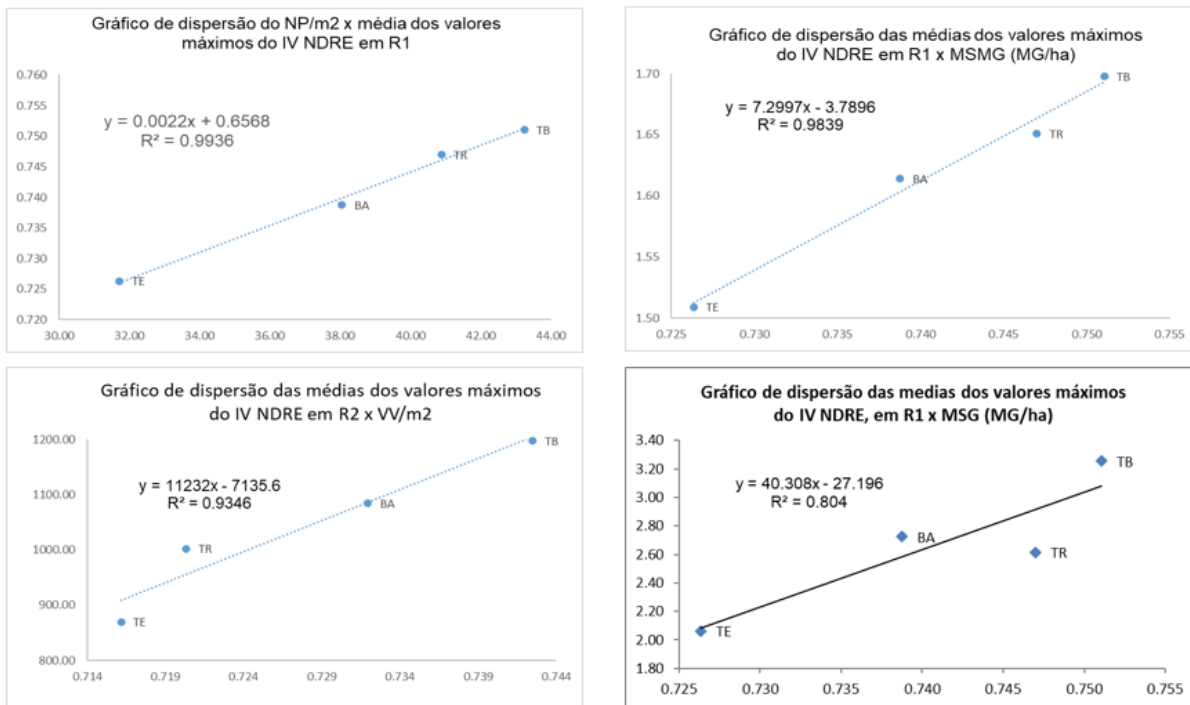


Figura 25 – Gráficos de dispersão para o IV NDVI do experimento de aplicação de agente de controle biológico na cultura de soja realizado em Tupanciretã-RS/safra 2019/2020.



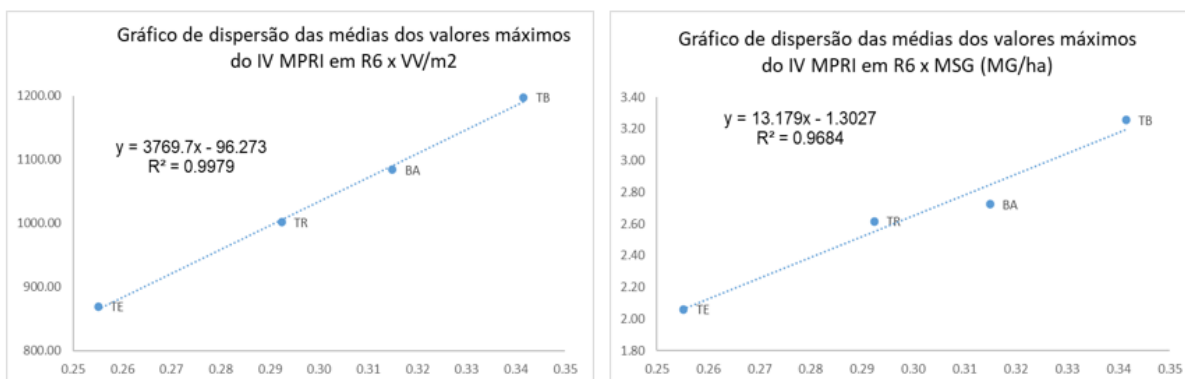
Fonte: o autor.

Figura 26 – Gráficos de dispersão do IV NDRE do experimento de aplicação de agente de controle biológico na cultura de soja realizado em Tupanciretã-RS/safra 2019/2020.



Fonte: o autor.

Figura 27 – Gráficos de dispersão do IV MPRI do experimento de aplicação de agente de controle biológico na cultura de soja realizado em Tupanciretã-RS/safra 2019/2020.



Fonte: o autor.

A obtenção dos coeficientes de determinação utilizou as médias dos IV para explicar (estimar) as médias dos CR, o que concorda com a observação de Bravo et al. (1980), sobre a precisão maior das médias de tratamentos em relação à média de repetições. Os resultados dos coeficientes de determinação foram superiores aos

encontrados por Mercante et al. (2010), que utilizou regressões lineares múltiplas entre os IV GVI e NDVI, obtidos por imagem orbital, e a produtividade da cultura de soja e constatou que as médias das imagens proporciona melhores resultados, mesmo concluindo que o método de regressão múltipla entre os IV estudados proporcione melhores resultados. Os resultados foram muito superiores aos obtidos por Groff et al. (2013), que avaliou a resposta espectral da cultura de soja por meio de do IV GNDVI obtidos por sensor proximal por análise de regressão e obteve coeficiente de determinação significativo entre o IV GNDVI e a produtividade de grãos de 0,59 somente, em V9. Batista; Rudorff; Oviedo (1988) avaliaram duas cultivares de soja e encontraram coeficiente de determinação de 0,76. Ma et al. (2001) também observaram coeficiente de determinação obtiveram  $R^2 = 0,80$ , no estágio fenológico R5. Franchini et al. (2018), usou sensor multiespectral embarcado em RPA e obteve coeficientes de determinação inferiores, ao avaliar produtividade de soja com o IV MPRI sendo o melhor resultado alcançado  $R^2 = 0,54$ . Safanelli et al. (2014), usou o IV SAVI obtido por sensor proximal e alcançou índices de determinação de 0,575, 0,713 e 0,884, em V6, R5 e R5.5, respectivamente, para detectar variabilidade espacial em soja (o autor não informa em seu trabalho qual constante uso para gerar o IV).

#### 4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO

O conjunto de dados dos IV, que obtiveram coeficiente de terminação superiores a 0,9, foram testados para normalidade através de Shapiro-Wilk (P) e, aqueles que apresentaram normalidade, tiveram suas variâncias analisadas por ANOVA (Tabela 10), e os que não apresentaram normalidade, foram ranqueados por postos médios através do teste H de Kruskal Wallis (Tabela 11).

Tabela 10 – ANOVA para a média dos valores dos IV, para o experimento de aplicação de agente de controle biológico na cultura de soja, realizado em Tupanciretã-RS/safra 2019/2020.

Var.	Trat	Média	Sum	Diferença de Médias			Q			Normalidade	
				TR	BA	TE	TR	BA	TE	W	(p)
NDVI Máx R1	TB	0,957	A	0,0005	0,0024	0,0063	1,43 <sup>NS</sup>	7,157*	18,668*	0,995 <sup>#</sup>	1,000
	TR	0,956	A	---	0,0019	0,0058	---	5,723*	17,234*	0,975 <sup>#</sup>	0,696
	BA	0,954	B	---	---	0,0039	---	---	11,511*	0,959 <sup>#</sup>	0,300
	TE	0,950	C	---	---	---	---	---	---	0,954 <sup>#</sup>	0,212
SAVI0,5 Méd R1	TB	1,435	A	0,0007	0,0036	0,0095	1,43 <sup>NS</sup>	7,157*	18,668*	0,995 <sup>#</sup>	1,000
	TR	1,434	A	---	0,0029	0,0088	---	5,723*	17,234*	0,975 <sup>#</sup>	0,696
	BA	1,431	B	---	---	0,0059	---	---	11,511*	0,959 <sup>#</sup>	0,300
	TE	1,425	C	---	---	---	---	---	---	0,954 <sup>#</sup>	0,212
SAVI0,25 MáxR1	TB	1,196	A	0,0006	0,0030	0,0079	1,43 <sup>NS</sup>	7,157*	18,668*	0,995 <sup>#</sup>	1,000
	TR	1,195	A	---	0,0024	0,0073	---	5,723*	17,234*	0,975 <sup>#</sup>	0,696
	BA	1,193	B	---	---	0,0049	---	---	11,511*	0,959 <sup>#</sup>	0,300
	TE	1,188	C	---	---	---	---	---	---	0,954 <sup>#</sup>	0,212
NDRE Máx. R2	TB	0,742	A	0,0105	0,0221	0,0263	5,49*	11,554*	13,722*	0,943 <sup>#</sup>	0,112
	BA	0,732	B	---	0,0116	0,0158	---	6,058*	8,227*	0,945 <sup>#</sup>	0,121
	TR	0,720	C	---	---	0,0042	---	---	2,168 <sup>NS</sup>	0,940 <sup>#</sup>	0,091
	TE	0,716	C	---	---	---	---	---	---	0,941 <sup>#</sup>	0,096
NDVI Máx R6	TB	0,834	A	0,0231	0,0301	0,0625	4,35*	5,680*	11,791*	0,955 <sup>#</sup>	0,234
	BA	0,811	B	---	0,00703	0,0394	---	1,326 <sup>NS</sup>	7,437*	0,970 <sup>#</sup>	0,527
	TR	0,804	B	---	---	0,0324	---	---	6,111*	0,953 <sup>#</sup>	0,205
	TE	0,771	C	---	---	---	---	---	---	0,971 <sup>#</sup>	0,571
SAVI0,5 Máx R6	TB	1,251	A	0,0346	0,0452	0,0938	4,35*	5,680*	11,791*	0,955 <sup>#</sup>	0,234
	BA	1,216	B	---	0,0105	0,0591	---	1,326 <sup>NS</sup>	7,437*	0,970 <sup>#</sup>	0,527
	TR	1,206	B	---	---	0,0486	---	---	6,111*	0,953 <sup>#</sup>	0,205
	TE	1,157	C	---	---	---	---	---	---	0,971 <sup>#</sup>	0,571
SAVI0,25 Máx R6	TB	1,042	A	0,0288	0,0376	0,0781	4,353*	5,680*	11,791*	0,955 <sup>#</sup>	0,234
	BA	1,013	B	---	0,0088	0,0493	---	1,326 <sup>NS</sup>	7,437*	0,970 <sup>#</sup>	0,527
	TR	1,005	B	---	---	0,0405	---	---	6,111*	0,953 <sup>#</sup>	0,205
	TE	0,964	C	---	---	---	---	---	---	0,971 <sup>#</sup>	0,571

**Legenda:** Trat. = Tratamentos; TB = *Trichoderma* e *Bacillus*; BA = *Bacillus*; TR = *Trichoderma*; TE = sem aplicação de ACB no sulco de semeadura; Sum. = Sumarização das médias; q = Diferença mínima significativa; NS = Não significativo; \* = Significativo ( $p < 0,05$ ); W = Estatística W do teste de normalidade de Shapiro-Wilk; # = significativo ( $p < 0,05$ ); F = não atende ao teste de normalidade (*Failed*).

A ANOVA realizada para a média dos valores máximos do IV NDVI obtidos nas repetições utilizadas para mensurar os componentes de rendimento da cultura da soja, aerolevante realizado em 17/02/2020, no estágio reprodutivo R1, uma vez que os dados apresentaram normalidade, apresentou um teste F significativo  $F=72,001$  ( $p < 0,001$ ) e demonstra que houve diferença significativa entre os tratamentos, cujas médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ). Os resultados mostram que o tratamento *Trichoderma sp* mais *Bacillus sp* e *Trichoderma sp* foram superiores aos demais e estatisticamente semelhantes entre si, com média

de 0,957 e 0,956 dos valores máximos do IV por repetição, respectivamente. O Tratamento testemunha apresentou a menor média, com valor do IV de 0,950 por repetição e o tratamento *Bacillus* sp teve média correspondente a 0,954 por repetição.

A ANOVA realizada para a média dos valores médios do IV SAVI 0,5 obtidos nas repetições utilizadas para mensurar os componentes de rendimento da cultura da soja, aerolevante realizado em 17/02/2020, no estágio reprodutivo R1, uma vez que os dados apresentaram normalidade, apresentou um teste F significativo  $F=72,001$  ( $p<0,001$ ) e demonstra que houve diferença significativa entre os tratamentos, cujas médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ). Os resultados mostram que o tratamento TB e TR foram superiores aos demais e estatisticamente semelhantes entre si, com média de 1,435 e 1,434 dos valores médios do IV por repetição, respectivamente. O Tratamento TE apresentou a menor média, com média de valores médios do IV de 1,425 por repetição e o tratamento BA apresentou média correspondente a 1,431 por repetição.

A ANOVA realizada para a média dos valores máximos do IV SAVI 0,25, obtidos nas repetições utilizadas para mensurar os componentes de rendimento da cultura da soja, aerolevante realizado em 17/02/2020, no estágio reprodutivo R1, uma vez que os dados apresentaram normalidade, apresentou um teste F significativo  $F=72,001$  ( $p<0,001$ ) e demonstra que houve diferença significativa entre os tratamentos, cujas médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ). Os resultados mostram que o tratamento TB e TR foram superiores aos demais e estatisticamente semelhantes entre si, com média dos valores máximos do IV de 1,196 e 1,195 por repetição, respectivamente. O Tratamento TE apresentou a menor média, com média de valores máximos do IV de 1,183 por repetição e o tratamento BA apresentou média do IV correspondente a 1,183 por repetição.

A ANOVA realizada para a média dos valores máximos do IV NDRE, obtidos nas repetições utilizadas para mensurar os componentes de rendimento da cultura da soja, aerolevante realizado em 22/02/2020, no estágio reprodutivo R2, uma vez que os dados apresentaram normalidade, apresentou um teste F significativo  $F=38,442$  ( $p<0,001$ ) e demonstra que houve diferença significativa entre os tratamentos, cujas médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ). Os resultados mostram que o tratamento TB foi superior aos demais, com média dos valores máximos do IV NDRE de 0,742 por repetição e o TE apresentou a menor média, com a média dos valores máximos do IV em 0,716, por repetição. O

tratamento TR foi estatisticamente semelhante ao tratamento TE, com média dos valores máximos do IV de 0,720, por repetição. O tratamento BA apresentou para os valores das médias do IV de 0,732, por repetição.

A ANOVA realizada para a média dos valores máximos do IV NDVI obtidos nas repetições utilizadas para mensurar os componentes de rendimento da cultura da soja, aerolevantamento realizado em 24/03/2020, no estágio reprodutivo R6, uma vez que os dados apresentaram normalidade, apresentou um teste F significativo  $F=23.721$  ( $p<0,001$ ) e demonstra que houve diferença significativa entre os tratamentos, cujas médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ). Os resultados mostram que o tratamento TB foi superior aos demais, com média dos valores máximos do IV de 0,834, por repetição e o TE apresentou a menor média, com a média dos valores máximos do IV de 0,771, por repetição. O tratamento BA foi estatisticamente semelhante ao tratamento TR, com média dos valores máximos do IV em 0,811 e 0,804, respectivamente, por repetição.

A ANOVA realizada para a média dos valores máximos do IV SAVI 0,5, obtidos nas repetições utilizadas para mensurar os componentes de rendimento da cultura da soja, aerolevantamento realizado em 24/03/2020, no estágio reprodutivo R6, uma vez que os dados apresentaram normalidade, apresentou um teste F significativo  $F=23,721$  ( $p<0,001$ ) e demonstra que há diferença significativa entre os tratamentos, cujas médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ). Os resultados mostram que o tratamento TB foi superior aos demais, com média dos valores máximos do IV SAVI 0,5 de 1,251, por repetição e o TE apresentou a menor média, com a média dos valores máximos do IV em 1,157, por repetição. O tratamento BA foi estatisticamente semelhante ao tratamento TR, com médias dos valores máximos do IV em 1,216 e 1,206, respectivamente, por repetição.

A ANOVA realizada para a média dos valores máximos do IV SAVI 0,25, obtidos nas repetições utilizadas para mensurar os componentes de rendimento da cultura da soja, aerolevantamento realizado em 24/03/2020, no estágio reprodutivo R6, uma vez que os dados apresentaram normalidade, apresentou um teste F significativo  $F=23,721$  ( $p<0,001$ ) e demonstra que há diferença significativa entre os tratamentos, cujas médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ). Os resultados mostram que o tratamento TB foi superior aos demais, com média dos valores máximos do IV SAVI 0,25 de 1,042, por repetição e o TE apresentou a menor média, com a média dos valores máximos do IV em 0,964, por repetição. O tratamento BA foi

estatisticamente semelhante ao tratamento TR, com médias dos valores máximos do IV em 1,013 e 1,005, respectivamente, por repetição.

Tabela 11 – Comparação de postos médios para a média dos valores dos IV, para o experimento de aplicação de agente de controle biológico na cultura de soja realizado em Tupanciretã-RS/safra 2019/2020.

Var.	Trat.	Posto Médio	Sum.	Diferença de Postos			Z calculado			Normalidade	
				TR	BA	TE	TR	BA	TE	W	(p)
NDRE Máx. R1	TB	96,20	A	17,07	47,97	77,77	1,90 <sup>NS</sup>	6,34*	6,75*	0,968	0,739 <sup>#</sup>
	TR	79,13	A	---	30,90	60,70	---	1,99*	6,76*	0,985	0,929 <sup>#</sup>
	BA	48,23	B	---	---	29,80	---	---	3,32*	0,951	0,180 <sup>#</sup>
	TE	18,43	C	---	---	---	---	---	---	0,895	0,006 <sup>F</sup>
NDVI Média R2	TB	102,17	A	33,93	50,43	82,30	3,78*	5,61*	9,16*	0,938	0,080 <sup>#</sup>
	TR	68,23	B	---	16,50	48,37	---	1,84 <sup>NS</sup>	5,38*	0,980	0,819 <sup>#</sup>
	BA	51,73	B	---	---	31,87	---	---	3,55*	0,967	0,450 <sup>#</sup>
	TE	19,87	C	---	---	---	---	---	---	0,881	0,003 <sup>F</sup>
SAVI 0,25 Média R2	TB	102,17	A	33,93	50,43	82,30	3,78*	5,61*	9,16*	0,938	0,080 <sup>#</sup>
	TR	68,23	B	---	16,50	48,37	---	1,84 <sup>NS</sup>	5,38*	0,980	0,819 <sup>#</sup>
	BA	51,73	B	---	---	31,87	---	---	3,55*	0,967	0,450 <sup>#</sup>
	TE	19,87	C	---	---	---	---	---	---	0,881	0,003 <sup>F</sup>
SAVI 0,5 Máx. R2	TB	136,70	A	30,42	43,28	71,10	2,63 <sup>NS</sup>	6,14*	9,16*	0,938	0,819 <sup>#</sup>
	TR	106,28	AB	---	12,86	40,68	---	1,11 <sup>NS</sup>	3,51*	0,980	0,080 <sup>#</sup>
	BA	93,42	B	---	---	27,82	---	---	2,40 <sup>NS</sup>	0,967	0,450 <sup>#</sup>
	TE	65,60	BC	---	---	---	---	---	---	0,881	0,003 <sup>F</sup>
MPRI Máx. R6	TB	90,47	A	19,30	37,80	62,77	2,15 <sup>NS</sup>	4,21*	6,99*	0,971	0,559 <sup>#</sup>
	BA	71,17	AB	---	18,50	43,47	---	2,06 <sup>NS</sup>	4,84*	0,956	0,242 <sup>#</sup>
	TR	52,67	B	---	---	24,97	---	---	2,78*	0,954	0,211 <sup>#</sup>
	TE	27,70	C	---	---	---	---	---	---	0,978	0,774 <sup>F</sup>

**Legenda:** Trat. = Tratamentos; TB = *Trichoderma e Bacillus*; BA = *Bacillus*; TR = *Trichoderma*; TE = sem tratamento de sementes no sulco; Sum. = Sumarização dos postos médios; Z = Valor tabelado Z para o teste de Kruskal-Wallis; Z critic = 2,635; NS = Não significativo; \* = Significativo (p)<0,05 ; W = Estatística W do teste de normalidade de Shapiro-Wilk; # = significativo (p)<0,05; F = não atende ao teste de normalidade (Failed).

O teste H realizado para a média dos valores máximos do IV NDRE, obtidos nas repetições utilizadas para mensurar os componentes de rendimento da cultura da soja, aerolevante realizado em 17/02/2020, no estágio reprodutivo R1, uma vez que os dados não apresentaram normalidade, apresentou um resultado significativo H = 87,8124 (p <0,001; GL = 3) e demonstrou que houve diferença significativa entre os tratamentos, cujos postos médios foram ranqueados e comparados pelo teste de Dunn. Os resultados demonstram que o tratamento TB foi semelhante estatisticamente ao tratamento TR, com posto médio com valor de 96,20 e 79,13,

respectivamente. O tratamento TE apresentou o menor posto médio, com valor de 18,43 e o tratamento BA, apresentou posto médio, com o valor de 48,23.

O teste H realizado para a média dos valores médios do IV NDVI, obtidos nas repetições utilizadas para mensurar os componentes de rendimento da cultura da soja, aerolevante realizado em 22/02/2020, no estágio reprodutivo R2, uma vez que os dados não apresentaram normalidade, apresentou um resultado significativo  $H = 87.3679$  ( $p < 0,001$ ;  $GL = 3$ ) e demonstrou que houve diferença significativa entre os tratamentos, cujos postos médios foram ranqueados e comparados pelo teste de Dunn. Os resultados demonstram que o tratamento TB foi superior aos demais, com posto médio no valor de 102.17. O tratamento TE apresentou o menor posto médio, no valor de 19.87. O tratamento TR e BA foram, estatisticamente, semelhantes, com postos médios nos valores de 68.23 e 51.73, respectivamente.

O teste H realizado para a média dos valores médios do IV SAVI 0,25, obtidos nas repetições utilizadas para mensurar os componentes de rendimento da cultura da soja, aerolevante realizado em 22/02/2020, no estágio reprodutivo R2, uma vez que os dados não apresentaram normalidade, apresentou um resultado significativo  $H = 87.3679$  ( $p < 0,001$ ;  $GL = 3$ ) e demonstrou que houve diferença significativa entre os tratamentos, cujos postos médios foram ranqueados e comparados pelo teste de Dunn. Os resultados demonstram que o tratamento TB foi superior aos demais, com posto médio no valor de 102.17. O tratamento TE apresentou o menor posto médio, no valor de 19.87. O tratamento TR e BA foram, estatisticamente, semelhantes, com postos médios nos valores de 68.23 e 51.73, respectivamente.

O teste H realizado para a média dos valores médios IV SAVI 0,5, obtidos nas repetições utilizadas para mensurar os componentes de rendimento da cultura da soja, aerolevante realizado em 22/02/2020, no estágio reprodutivo R2, uma vez que os dados não apresentaram normalidade, apresentou um resultado significativo  $H = 38.9848$  ( $p < 0,001$ ;  $GL = 3$ ) e demonstrou que houve diferença significativa entre os tratamentos, cujos postos médios foram ranqueados e comparados pelo teste de Dunn. Os resultados demonstram que o tratamento TB e o tratamento TR foram, estatisticamente, semelhantes, com postos médios nos valores de 136.28 e 106.70, respectivamente. Os tratamentos TR, foi, estatisticamente, semelhante ao tratamento BA, cujo posto médio foi de 93.42. O TE apresentou o menor posto médio, no valor de 65.60 e foi semelhante ao tratamento BA.



O teste H realizado para a média dos valores máximos do IV MPRI, obtidos nas repetições utilizadas para mensurar os componentes de rendimento da cultura da soja, aerolevante realizado em 24/03/2020, no estágio reprodutivo R6, uma vez que os dados não apresentaram normalidade, apresentou um resultado significativo  $H = 53.2805$  ( $p < 0,001$ ;  $GL = 3$ ) e demonstrou que houve diferença significativa entre os tratamentos, cujos postos médios foram ranqueados e comparados pelo teste de Dunn. Os resultados demonstram que o tratamento TB e o tratamento BA foram, estatisticamente, semelhantes, com postos médios nos valores de 90,47 e 71,17, respectivamente. Os tratamentos BA, foi, estatisticamente, semelhante ao tratamento TR, cujo posto médio foi de 52,67. O TE apresentou o menor posto médio, no valor de 27,70.

Os resultados para análise de variância dos IV, demonstram que os IV estudados mostram a diferença entre os tratamentos com agentes de controle biológico. Apresentaram diferença significativa com relação a testemunha para pelo menos um dos tratamentos. Os resultados de análise de variância dos IV comparados aos CR MSG, VV e NP, que mais se aproximaram com a análise de variância dos CR para os tratamentos foram, as médias dos valores máximos de NDVI e SAVI em R6 e as médias dos valores médios de NDVI, SAVI 0,25, em R2. Ambos consideraram o tratamento TB, estatisticamente, superior aos demais, TR e BA semelhantes, e TE com o menor resultado/posto médio.

Os trabalhos científicos encontrados, tratam desses temas separadamente. Não se obteve êxito na tentativa de encontrar trabalhos que comparassem IV com os efeitos dos agentes de controle biológico na cultura de soja, quando realizada pesquisa nas bases de dados do google acadêmico, Scielo, ERIC, Portal CAPES, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações e Science.

Os resultados encontrados no experimento, porém, estão de acordo com outros trabalhos que possuem somente dados de campo para aplicação de agentes de controle biológico para soja, tais como Silva et al. (2019), que analisou os efeitos do uso de *Trichoderma* sp e *Bacillus* sp em diferentes culturas e concluiu, que, com o adensamento microbiológico promovido pela aplicação, pode haver maior influência positiva no crescimento vegetal através de diversos mecanismos, além de substituir o uso de insumos químicos, reduzir custos para o produtor rural e contribuir para o aumento da diversidade da microbiota, com a colonização de outros microrganismos benéficos a partir da solubilização de nutrientes necessários às plantas. Jesus et al.

(2011) ressaltaram o potencial de *T. asperellum* como condicionador de substrato para a produção de mudas de café, evidenciando o efeito positivo no aumento da biomassa da raiz, da parte aérea e total, bem como o aumento da eficiência da absorção de fósforo. Outros trabalhos demonstraram que isolados de *Trichoderma* sp obtidos de solos da Amazônia aumentaram a biomassa de plantas de arroz (SILVA et al., 2012), mostrando também o potencial como promotores de crescimento, para milho, feijão caupi (CHAGAS et al., 2017), maracujá (SANTOS et al., 2010) e soja (GOERGEN et al., 2009), (GROF et al., 2013) e (FALICO et al., 2007), entre outros. Meyer et al. (2019) concluíram em sua pesquisa com controle biológico, que atualmente, os produtores mais tecnificados, apresentam elevados índices de produtividade, tanto nas lavouras de inverno quanto de verão, vem trabalhando como investimento básico a utilização de produtos biológicos na implantação de suas culturas, seja através da aplicação em área total, no tratamento de sementes ou no tratamento em sulco de plantio, técnica essa que tem demonstrado os resultados mais promissores. No entanto, nenhuma destas pesquisas utilizaram IV obtidos por sensor multiespectral embarcado em ARP para monitorar possíveis efeitos dos agentes de controle biológico na cultura da soja, e tentar estimar com estes os componentes de rendimento e sua produtividade, sendo esta, a grande contribuição da pesquisa realizada neste trabalho. A sinergia dessas duas tecnologias em novos estudos pode contribuir ainda mais com o setor produtivo.

#### 4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS COMPONENTES DE RENDIMENTO

Foram realizadas ANOVA para os componentes de rendimento por unidades amostrais/repetições, número de vagens viáveis, número de grãos e massa seca de mil grãos, bem como massa seca de grão ( $\text{MGha}^{-1}$ ), sendo estes os componentes de rendimento que atenderam os requisitos da ANOVA (Tabela 12).

Tabela 12 – ANOVA para componentes de rendimento do experimento de aplicação de agente de controle biológico na cultura de soja realizado em Tupanciretã-RS/safra 2019/2020.

Var.	Trat.	Médias	Sum.	Diferença de Médias			Q			Normalidade	
				BA	TR	TE	BA	TR	TE	W	(p)
MSG (MG/ha)	TB	3,25	A	0,53	0,63	1,19	7,76*	9,35*	17,48*	0,967#	0,470
	BA	2,72	B	---	0,10	0,66	---	1,59 <sup>NS</sup>	9,35*	0,978#	0,784
	TR	2,62	B	---	---	0,56	---	---	8,12*	0,961#	0,329
	TE	2,06	C	---	---	---	---	---	---	0,968#	0,488
VV/ua	TB	862,27	A	81,75	140,80	236,03	4,96*	8,55*	14,33*	0,990	0,993#
	BA	780,50	B	---	59,05	154,28	---	3,58 <sup>NS</sup>	9,36*	0,937	0,076#
	TR	721,47	B	---	---	95,23	---	---	5,78*	0,973	0,614#
	TE	626,23	C	---	---	---	---	---	---	0,938	0,080#
NG/ua	TB	2010	A	252,20	356,80	590,40	6,44*	9,12*	15,09*	0,974#	0,664
	BA	1758	B	---	104,60	338,20	---	2,67 <sup>NS</sup>	8,64*	0,967#	0,462
	TR	1653	B	---	---	233,60	---	---	5,96*	0,969#	0,500
	TE	1419	C	---	---	---	---	---	---	0,937#	0,075
MSMG (g/ua)	TB	122,23	A	4,04	5,02	13,6	3,38 <sup>NS</sup>	5,02*	11,34*	0,963#	0,363
	TR	118,19	AB	---	1,97	9,53	---	1,65 <sup>NS</sup>	7,96*	0,963#	0,372
	BA	116,22	B	---	---	7,56	---	---	6,32*	0,950#	0,167
	TE	108,66	C	---	---	---	---	---	---	0,971#	0,557

**Legenda:** Trat. = Tratamentos; TB = *Trichoderma* e *Bacillus*; BA = *Bacillus*; TR = *Trichoderma*; TE = sem tratamento de sementes no sulco; Sum. = Sumarização dos postos médios; Z = Valor tabelado Z para o teste de Kruskal-Wallis; Z critic = 2,635; NS = Não significativo; \* = Significativo ( $p < 0,05$ ); W = Estatística W do teste de normalidade de Shapiro-Wilk; # = significativo ( $p < 0,05$ ); F = não atende ao teste de normalidade (*Failed*).

A ANOVA para a massa seca de grãos ( $\text{MSG/ha}^{-1}$ ), realizada com dados corrigidos respectivamente pelo teor de umidade de cada uma das amostras (teor médio de 8,20; 8,55; 8,29 e 8,35% respectivamente para TR, TB, BA e TE), uma vez que os estes apresentaram normalidade e teste F significativo ( $F = 51,899$ ;  $p < 0,001$ ), demonstrou que houve diferença significativa entre os tratamentos, cujas médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). Os resultados mostraram que o tratamento *Trichoderma* sp mais *Bacillus* foi superior, com média de  $3,25 \text{ MGha}^{-1}$  de grãos, o que corresponde a 54,17 sacas de soja por hectare, e a testemunha apresentou a menor média, com valor de  $2,06 \text{ MGha}^{-1}$ , o que corresponde a 34,33 sacas por hectare. Já os tratamentos *Bacillus* e *Trichoderma* sp foram estatisticamente semelhantes, e suas médias foram de 2,72 e  $2,62 \text{ MG/ha}^{-1}$  de grãos, que correspondem a 45,33 e a 43,67 sacas por hectare, respectivamente. A diferença entre o melhor e o pior tratamento foi de 19,84 sacas de 60 kg por hectare, que correspondem a 1190,4 kg ou  $1,19 \text{ MGha}^{-1}$  de soja. Transformando a diferença encontrada em valores monetários, com o preço da saca de soja em R\$ 91,50,

cotados em Panambi, RS (Cotripal – NOTÍCIAS AGRÍCOLAS, 2020) e em Tupanciretã, RS (Agropan – AGROPAN COTAÇÕES, 2020), tem um valor de R\$ 1.815,36 por hectare, cotação do dia 16/04/2020.

Esses resultados vem ao encontro com os trabalhos de outros autores, que ao testarem diferentes isolados de *Trichoderma*, observaram a característica de promoção de crescimento em diferentes culturas agrícolas e no ganho de biomassa nas culturas de arroz, milho, feijão caupi e da soja, com relação ao tratamento sem inoculação (CHAGAS et al., 2016, 2017) e com os resultados do estudo sobre os efeitos do uso de *Bacillus amyloliquefaciens* sobre a produtividade de duas cultivares de soja, obtidos por Steffler et al. (2019), que foram significativos garantindo a produtividade da cultura.

A ANOVA realizada para o número de vagens viáveis (VV), uma vez que os dados apresentaram normalidade, apresentou um teste F significativo  $F=316,412$  ( $p<0,001$ ) e demonstra que há diferença significativa entre os tratamentos, cujas médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ). Os resultados mostram que o tratamento TB foi superior, com média de 862,27 vagens viáveis por repetição, que corresponde a 11.975.972 vagens viáveis por hectare, e o TE apresentou a menor média, com valor de 626,23 vagens viáveis por repetição, que corresponde a 8.697.639 vagens viáveis por hectare. Já os tratamentos BA e TR foram estatisticamente semelhantes, e suas médias correspondem respectivamente a 780,50 e 721,47 vagens viáveis por repetição.

Resultado semelhante foi observado por Bertolin et al. (2010), que testaram o aumento da produtividade de soja com bioestimulantes e concluíram que o agente biológico testado proporcionou incremento no número de vagens por planta e produtividade de grãos, tanto em aplicação via sementes quanto via foliar.

A ANOVA realizada para o número de grãos por repetição (NGR), uma vez que os dados apresentaram normalidade, apresentou um teste F significativo  $F=39,146$  ( $p<0,001$ ) e demonstra que há diferença significativa entre os tratamentos, cujas médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ). Os resultados mostram que o tratamento TB foi superior, com média de 2.010 grãos por repetição, que representa um número médio de grãos de 26.447.368 por hectare, e o TE apresentou a menor média, com valor de 1.419 grãos por repetição, correspondente a 18.671.053 grãos por hectare. Já os tratamentos BA e TR foram estatisticamente semelhantes, e

suas médias correspondem respectivamente a 1758 e 1653 grãos por unidade amostral.

O resultado foi semelhante ao obtido por Falico et al. (2007), que apresentou melhor resultado de número de grãos por planta com os tratamentos com *Trichoderma* sp e *Bacillus* sp quando comparados a testemunha e tratamento com fungicida químico.

A ANOVA realizada para a Massa Seca de Mil grãos (MSMG), uma vez que os dados apresentaram normalidade, apresentou um teste F significativo  $F=22,615$  ( $p<0,001$ ) e demonstra que há diferença significativa entre os tratamentos, cujas médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ). Os resultados mostram que o tratamento TB foi superior, com média de 122,23 g por repetição, e o TE apresentou a menor média, com valor de 108,66 g por repetição. Os tratamentos TB e o tratamento TR foram estatisticamente semelhantes, que teve suas médias em 118,19 g. Os tratamentos TR e BA também foram estatisticamente semelhantes, o BA com médias de 116,22 g de MSMG.

Apesar dos produtos biológicos testados serem diferentes, o resultado da presente pesquisa foi diferente ao apresentado por Falico et al. (2007), que encontrou em um dos seus ensaios, para o CR massa de mil grãos, melhor resultado na testemunha e, nos demais ensaios em um total de três, não encontrou diferença estatisticamente significativa para os tratamentos testados. Já em comparação aos resultados encontrado por Santos et al. (2006), os resultados obtidos apresentaram comportamento semelhante, onde naquele trabalho os autores obtiveram o peso de mil grãos de soja cultivada no sistema plantio direto, que foi superior ao sistema de plantio convencional (preparo de solo com arados e aivecas).

Alguns estudos sobre a necessidade hídrica da cultura da soja, apontam que seria necessário de 7 a 8 mm de precipitação por dia para se ter um alto rendimento na soja (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007). Segundo esses autores, que avaliaram o desempenho da soja por 15 safras, no Paraná, a ocorrência de déficit hídrico durante a floração e enchimento de grãos, tem como consequência o aumento da queda prematura de flores e ocasionam o abortamento de vagens e “chochamento” de grãos, com o conseqüente diminuição do número de vagens e o aparecimento de vagens vazias, diminuem a taxa de acúmulo de massa seca nos grãos (grãos/planta) e apressam a maturação, fazendo com que os grãos produzidos sob seca sejam menores. Suyker e Verma (2009) corroboram e apontam que a cultura da soja

necessita consumo total de água pela cultura, durante o ciclo podendo chegar a um consumo total de água de 420 mm, em área de sequeiro e 430 mm em área irrigada.

Ao analisarmos os gráficos meteorológicos do anexo A, podemos observar as condições severas de stress hídrico em que a cultura foi exposta, principalmente no período reprodutivo. Durante o ciclo da cultura do experimento, choveu em média, apenas 2,34 mm por dia, com precipitação total de 352 mm. No período reprodutivo a distribuição de chuvas foi irregular e alcançou a média de 1,64 mm por dia. Desta forma, os resultados alcançados na presente pesquisa, com diferenças significativas entre as variáveis/componentes de rendimento MSG, VV, NGR e MSMG, com relação a testemunha, nos levam a crer que o uso dos ACB podem contribuir para o desenvolvimento de regiões habitualmente afetadas pela seca ou naquelas que tiverem anos com baixa e irregular precipitação, como foi o caso do Rio Grande do Sul na safra 2019/2020.

Os componentes de rendimento número de plantas/ua e número de vagens não viáveis/ua, foram analisados pelo teste de Kruskal-Wallis (teste H), por não atenderem os requisitos da ANOVA, cujos resultados apresentamos na tabela 13.

Tabela 13 – Comparação dos postos médios para os CR número de plantas/ua e número de vagens não viáveis/ua, do experimento de aplicação de agente de controle biológico na cultura de soja realizado em Tupanciretã-RS/safra 2019/2020.

Var	Trat.	Posto Médio	Sum.	Diferença de Postos			Z calculado			Normalidade	
				BA	TR	TE	BA	TR	TE	W	(p)
NP/UA	TB	84,93	A	9,63	27,48	60,62	1,072 <sup>NS</sup>	3,06*	6,75*	0,968	0,488 <sup>#</sup>
	TR	75,30	AB	---	17,85	50,98	---	1,99 <sup>NS</sup>	5,68*	0,957	0,264 <sup>#</sup>
	BA	57,45	B	---	---	33,13	---	---	3,69*	0,869	0,002 <sup>F</sup>
	TE	24,32	C	---	---	---	---	---	---	0,942	0,102 <sup>#</sup>
VNV/UA	TR	76,80	A	13,17	25,35	26,68	1,466 <sup>NS</sup>	2,82*	2,971*	0,885	0,004 <sup>F</sup>
	TE	63,63	AB	---	12,18	13,52	---	1,356 <sup>NS</sup>	1,505 <sup>NS</sup>	0,977	0,743 <sup>#</sup>
	TB	51,45	B	---	---	1,33	---	---	0,148 <sup>NS</sup>	0,924	0,034 <sup>F</sup>
	BA	50,12	B	---	---	---	---	---	---	0,804	<0,001 <sup>F</sup>

**Legenda:** Var. = Variáveis; Trat. = Tratamentos; TB = *Trichoderma* e *Bacillus*; BA = *Bacillus*; TR = *Trichoderma*; TE = sem tratamento de sementes no sulco; Sum. = Sumarização dos postos médios; Z = Valor tabelado Z para o teste de Kruskal-Wallis; Z critic = 2,635; NS = Não significativo; \* = Significativo ( $p < 0,05$ ); W = Estatística W do teste de normalidade de Shapiro-Wilk; # = significativo ( $p < 0,05$ ); F = não atende ao teste de normalidade (*Failed*).

O teste H realizado para o número de plantas (NP), uma vez que os dados não apresentaram normalidade, teve um resultado significativo  $H = 53,162$  ( $p < 0,001$ ; GL = 3) e demonstrou que houve diferença significativa entre os tratamentos, cujos postos

médios foram ranqueados e comparados pelo teste de Dunn. Os resultados demonstram que o tratamento TB foi superior, com posto médio de 84,93 e mediana de 31 plantas, que corresponde a 430.555 plantas por hectare, e o tratamento TE apresentou o menor posto médio, com valor de 24,32 e mediana de 22 plantas, que corresponde a 305.555 plantas por hectare. O tratamento TR (Posto médio 75,30; mediana 29; 402.777 NP/ha), foi semelhante estatisticamente ao TB e também com o BA (Posto médio 57,45; mediana 27; 375.-000 NP/ha).

Goergen et al. (2009) obtiveram um número maior de plantas de soja por metro quadrado, à medida que aumentaram as doses de *T. harzianum* 1306. Esse fato pode estar associado ao controle, por *T. harzianum* 1306, de patógenos do solo como *Rhizoctonia solani* e *Fusarium* sp., que causam a morte de plântulas durante o seu estabelecimento e ocasionam diminuição da população final de plantas (LOBO JÚNIOR, 2005). Alguns estudos apontaram ainda, que a inoculação com bactérias é capaz de aumentar a tolerância das plantas a agentes estressores, mantendo o crescimento vegetal mesmo em condições de déficit hídrico nas culturas agrícolas (CHANDRA et al., 2018), e também na soja (STEFFLER et al., 2019; SILVA, 2019).

O teste H realizado para o número de vagens não viáveis (VNV), uma vez que os dados não apresentaram normalidade, apresentou um resultado significativo  $H = 11,5698$  ( $p = 0,0090$ ;  $GL = 3$ ) e demonstrou que houve diferença significativa entre os tratamentos, cujos postos médios foram ranqueados e comparados pelo teste de Dunn. Os resultados mostram que o tratamento TR foi superior, com posto médio de 76,80 e mediana de 22,5 vagens não viáveis por repetição, que corresponde a 312.500 vagens não viáveis por hectare, e o tratamento BA apresentou o menor posto médio, com valor de 50,12 e mediana de 18 vagens não viáveis por repetição, que corresponde a 250.000 vagens não viáveis por hectare. O tratamento TE (Posto médio 63,63; mediana 22,5; 312.500 VNV/ha), foi o único semelhante estatisticamente ao TR, mas também foi semelhante aos tratamentos TB (Posto médio 51,45; mediana 18,5; 256.944 VNV/ha) e BA. Não foram encontrados trabalhos científicos que testassem essa variável para a discussão.

## 5 CONCLUSÃO

Foram estabelecidas correlações de moderada a forte, entre os IV estudados e os componentes de rendimento da cultura de soja.

A análise de regressão demonstrou que os IV podem ser usados para estimar a produtividade da cultura de soja. Com relação ao rendimento de grãos, o melhor resultado do experimento foi obtido com a associação dos agentes de controle biológico *Trichoderma* e *Bacillus*.

O índice de vegetação que obteve a melhor correlação com a produtividade foi o NDRE (média dos valores máximos) em R1, que alcançou  $r = 0,718$ .

Na ANOVA Os índices de vegetação que apresentaram a mesma sumarização de médias para a produtividade dos tratamentos foram NDVI e SAVI 0,25 em R2.

Para o CR NP, a maior correlação obtida foi com as médias dos valores máximos do IV NDVI, em R1 ( $r = 0,569$ ); para o CR VV, a maior correlação obtida foi com as médias dos valores médios do IV NDVI, em R6 ( $r = 0,63$ ) e; para o CR MSMG, a maior correlação obtida foi com as médias dos valores máximos do IV NDVI, em R6 ( $r = 0,569$ ).

O CR NP, obteve a melhor descrição por regressão linear com as médias dos valores máximos do IV NDVI, em R1 ( $R^2 = 0,9834$ ); para o CR VV, foi com as médias dos valores médios do IV NDVI, em R6 ( $R^2 = 0,9783$ ) e; para o CR MSMG, foi com as médias dos valores máximos do IV NDVI, em R6 ( $R^2 = 0,902$ ).

O sensoriamento remoto com sensor multiespectral embarcado em RPA, mostrou-se útil para monitorar o desenvolvimento da cultura de soja, cultivada com diferentes agentes de controle biológico, em vários estágios fenológicos.

A comparação estatística dos efeitos dos produtos de controle biológico demonstrou que todos os tratamentos realizados foram superiores na produtividade e demais componentes de rendimento, quando comparados à testemunha e esse resultado pode ser estimado pelos IV usados para o monitoramento.

Faz-se necessário a continuidade do estudo em pesquisas futuras, principalmente no que se refere a utilização dos IV e controle biológico, de forma conjunta. Sugere-se pesquisas quanto a concentração dos produtos biológicos e forma de aplicação, ambas associadas ao IV, sem as limitações da presente pesquisa, usando delineamento em blocos ao acaso.



## REFERÊNCIAS

- ABDELSALAM, K. A.; ALMOHIMEED, I.; MOSLEM, M. A.; BAHKALI, A. H. M13-microsatellite PCR and rDNA sequence markers for identification of *Trichoderma* (Hypocreaceae) species in Saudi Arabian soil. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 9, n. 4, p.2016-2024, 2010.
- ADAMCHUK, V. I.; FERGUSON, R.B.; HERGERT, G.W. **Soil heterogeneity and crop growth**. 2010.
- ALTOMARE, C.; NORVELL, W. A.; BIORKMAN, T.; HARMAN, G. E. **Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai**. 1999.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL – ANAC. **Drones**. Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/drones>. Acesso em 20 de dezembro de 2019.
- ATZBERGER, C. Advances in remote sensing of agriculture: context description, existing operational monitoring systems and major information needs. **Remote Sensing**, v. 5, n. 2, p. 949-981, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/rs5020949>. Acesso em 20 de maio 2020,
- AMADO, T. J. C. et al. Variabilidade espacial e temporal da produtividade de culturas sob sistema plantio direto. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.42, n.8, p.1101-1110, 2007.
- AMARAL, L. de P. et al. Uso de Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) para obtenção de fotografias aéreas e geração de ortomosaico para a silvicultura. *In*: Congresso Sul-Americano de Agricultura de Precisão e Máquinas Precisas, 2017, Não-Me-Toque, RS. trabalhos completos (recurso eletrônico. **Anais... Não - Me - Toque**, 2017.
- AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY – ASP. **Manual of photogrammetry**, 1220 p., 1966.
- ARAUJO, F. F. et al. Controle genético, químico e biológico de meloidogine na cultura da soja. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 220-224, 2012. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/pat/v42n2/13.pdf>. Acesso em: 23 de maio de 2020.
- AYRES, M.; AYRES Jr., M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. A. S. **Bioestat: Aplicações nas áreas das ciências biomédicas**. Belém/PA, 2007.
- BARNES, E. M. *et al.* Coincident Detection of Crop Water Stress, Nitrogen Status and Canopy Density Using Ground Based Multispectral Data. *In*: **Proceedings of the Fifth International Conference on Precision Agriculture**, 2000.

BATISTA, G. T.; RUDORFF, B. F. T.; OVIEDO, A. F. P. Resposta espectral da soja e sua relação com parâmetros agrônômicos. *In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto*, 5., 1988, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, p. 406-413, 1988.

BAUGH, C. L.; ESCOBAR, B. The genus *Bacillus* and genus *Trichoderma* for agricultural bio-augmentation. **Rice Farm Magazine**, 1-4, 2007.

BERTOLIN, D. C. et al. Aumento da produtividade de soja com a aplicação de bioestimulantes. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 339-347, 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87052010000200011&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052010000200011&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 08 de fev. De 2020.

BETTIOL, W.; MORANDI, M.A.B. **Biocontrole de doenças de plantas: Uso e perspectivas**. Jaguariúna/SP: Embrapa Meio Ambiente, 2009.

BOLTON, D. K.; FRIEDL, M.A. Previsão do rendimento da colheita usando índices de vegetação detectados remotamente e métricas de fenologia da colheita. **ScienseDirect**. Amsterdam: Elsevier, 2013.

BRAMLEY, R.G.V. Lessons from nearly 20 years of Precision Agriculture research, development and adoption as a guide to its appropriate application. **Crop and Pasture Science**, Vietnam, v. 60, p. 197-217, 2009.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 852 - Art. 1º Criar a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão – CBAP. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 21 set. 2012. Seção 1, n. 184. Disponível em:< [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do42.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do42.htm)>. Acesso em 10 fev. 2020.

BRAVO, J.A.; FEHR, W.R.; CIANZIO, S.R. Use of pod width for indirect selection of seed weight in soybeans. **Crop Science**, Madison, v. 20, p.507-510, 1980.

CAMPITELI, M. **Mosaico de ortofotos: o que você precisa saber**. DronEng – Drones & Engenharia. 2016. Disponível em: <<http://blog.droneng.com.br/mosaico-de-ortofotos/>>. Acesso em: 01 jan. 2020.

CANON. **Canon Powershot G9 X**. 2017. Disponível em: <[https://www.canon.pt/for\\_home/product\\_finder/cameras/digital\\_camera/powershot/powershot\\_g9\\_x/](https://www.canon.pt/for_home/product_finder/cameras/digital_camera/powershot/powershot_g9_x/)>. Acesso em: Acesso em: 22 de fev. de 2020.

CARVALHO et al. Efeito de promotores de crescimento bacterianos em plântulas de milho crescidas em cultivo hidropônico com estresse induzido por polietilenoglicol. *In: Seminário de Iniciação Científica CNPq 2019*. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/202749/1/Efeito-promotores.pdf>>; Acesso em 20 de jan, 2020.

CARVALHO, C. P. et al. Proposta de classificação dos coeficientes de variação em relação à produtividade e altura da planta de soja. **Pesq. Agropec. Bras.**, vol.38, n.2, p.187-193., 2003.

CARVALHO, D. D. C.; LOBO JUNIOR, M.; MARTINS, I.; INGLIS, P. W.; MELLO, S. C. M. Biological control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* by *Trichoderma harzianum* and its use for common bean seed treatment. **Tropical Plant Pathology**, New York, v. 39, n. 5, p.384-391, 2014.

CARVALHO, D. D. C.; MELLO, S. C. M.; MARTINS, I.; LOBO JUNIOR, M. Biological control of *Fusarium* wilt on common beans by in-furrow application of *Trichoderma harzianum*. **Tropical Plant Pathology**, New York, v. 40, n. 6, p.375-381, 2015.

CARVALHO, L. F. D. **Índices de vegetação obtidos por sensor proximal e embarcado em aeronave remotamente pilotada e sua relação com a produtividade do milho**. 2019, Tese (Doutorado em Ciências do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 91 p., 2019.

CHAVERRI, P.; CASTLEBURY, L. A.; OVERTON, B. E.; SAMUELS, G. J. *Hypocrea/Trichoderma*: species with conidiophore elongations and green conidia. **Mycologia**, Lawrence, v. 95, n. 6, p.1100-1140, 2003.

CHEN, X. H. et al. **Comparative analysis of the complete genome sequence of the plant growth-promoting bacterium *Bacillus Amyloliquefaciens***. **Naturebiotechnology**, ed. 25, 2007.

CHAGAS, L. F. B. et al. Rice growth influence by *Trichoderma* spp.: with natural phosphate fertilization under greenhouse conditions. **International Journal of Development Research**, v. 7, n. 6, p. 13147-13152, 2017.

CHAGAS, L. F. B. et al. *Trichoderma asperellum* efficiency in soybean yield components. **Comunicata Scientiae**, Teresina-PI, v. 8, n. 1, p. 165-169, 2017.

CHAVARRIA, G.; DURIGON, M. R.; KLEIN, V. A.; KLEBER, H. Photosynthetic restriction of soybean plants under variation of water availability. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 45, n. 8, p. 1387-1393, 2015.

COOK, R. J.; BAKER, K. F. **The nature and practice of biological control of plant pathogens**. St Paul: APS, 539 p., 1983.

CORDEIRO, J. P., et al. Algebraic Formalism over Maps. *In*: Simpósio Brasileiro de Geoinformática, 7., **Anais....** Campos do Jordão, 2005.

CHRISTENSEN, T. N. da S. **Soja 80 anos de produção 1924 – 2004**. Santa Rosa. Lugano Cultura e Marketing 2004.

CENTRE FOR REMOTE IMAGING, SENSING & PROCESSING – CRISP. **Spaceborne Remote Sensing Platforms and Sensors**. 2001. Disponível em: <<https://crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/appendix.htm>>. Acesso em: 10 de jun. de 2019.

CRUSIOL, L. G. T. et al. Remote sensing applied to the monitoring of water deficit in soybean crops. *In*: Jornada Acadêmica da Embrapa Soja, XII, 2017, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja. p. 119-127. 2017

DEMARCHI, J. C.; Piroli E. L.; ZIMBACK, C. R. L. **Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz Do Rio Pardo – SP usando imagens LANDSAT-5**. 2011. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/raega/article/viewFile/17416/14028>>. Acesso em: 26 de out. de 2019.

DJI. **P4 Multispectral**. 2018. Disponível em: <<https://www.dji.com/br/p4-multispectral>>. Acesso em: 22 de fev. de 2020.

DUSSEUX, P. et al. Evaluation of SPOT imagery for the estimation of grassland biomass. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 38, p. 72-77, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2014.12.003>>. Acesso em 20 de março de 2020.

EISENBEIS, H.; SAUERBIER, M. Investigation of UAV systems and flight modes for photogrammetric applications. **The Photogrammetric Record**, v. 26, n. 136, p. 400-421, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja: região central do Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 225p. 2007

ETHUR, L.Z., et al. Sanidade de sementes e emergência de plântulas de nabo forrageiro, aveia preta e centeio submetidas a tratamentos com bioprotetor e fungicida. **Ciência e Natura**, v.28, n.2, p. 17-27., 2006.

EUGENIO, F. C.; ZAGO, H.B. **O livro dos drones: Um guia completo para entender todas as partes de funcionamento**. Alegre/ES: Caufes, p 2-10., 2019.

EVERAERTS, J. The Use Of Unmanned Aerial Vehicles (VANTs) For Remote Sensing And Mapping. **Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, Beijing, v. 37, 2008.

FALICO, L. et al. Implantacion de soja com microrganismos biocontroladores. **Ciencia, Docencia y Tecnologia**, n. 35, 2007.

FARIAS, J.R.B. NEPOMUCENO, A.E. NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 10p., 2007.

FERNANDES, P. **Estimativa da produtividade de milho (Zea mays L.) através de imagens multiespectrais obtidas por veículo aéreo não tripulado**. Dissertação (Mestrado em Agricultura de Precisão), Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, 78 p.,2016.

FERREIRA, D. S. A. **Eficiência do *Bacillus Amyloliquefaciens* na promoção de crescimento e produtividade no milho**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Mato Grosso, Sinop. 2018.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2.ed., 101 p, 2007.

FORMAGGIO, A. R.; SANCHES, I. D. **Sensoriamento Remoto em Agricultura**. São José dos Campos/SP: Oficina de Textos, 2017.

FUCCI, L. C. **Piloto de Drone, uma profissão de futuro**. Clube de Autores, 1 ed., 135p., 2016.

FURLANETTO, R.H.; NANNI, M.R.; CRUSIOL, L.G.T.; SILVA, G.F.C.; OLIVEIRA JUNIOR, A. de. Potencial de utilização de sensores multiespectral e hiperespectral no estudo de diferentes alvos agrícolas. *In: Jornada Acadêmica da Embrapa Soja, XII, 2017, Londrina, Anais...* Londrina: Embrapa Soja, 2017. p. 146- 154.

GALDIANO JÚNIOR, R. F. **Isolamento, identificação e inoculação de bactérias produtoras de auxinas associadas às raízes de orquídeas**. 2009, 67 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

GAGNÉ-BOURQUE, F. et al. Accelerated growth rate and increased drought stress resilience of the model grass *Brachypodium distachyon* colonized by *Bacillus subtilis* B26. **PLoS One**, v. 10, n. 6, 2015.

GASPARETO, R. N. **Formas de inoculação com bactérias promotoras de crescimento na nutrição e desempenho agrônomo de milho no cerrado**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, Ilha Solteira, 2018. Disponível em: <[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/155988/gaspareto\\_rn\\_me\\_ilha.pdf?sequence=3](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/155988/gaspareto_rn_me_ilha.pdf?sequence=3)>. Acesso em 19 mar 2020.

GOERGEN, C., A. et al. Controle do mofo-branco com palhada e *Trichoderma harzianum* 1306 em soja. **Pesq. Agrop. Brasília**, v44, p: 1583-1590, 2009.

GONZALEZ, A. et al. Drones Aplicados a la Agricultura de Precisión. **Revista Especializada en Ingeniería**, Colombia, 2015.

GROFF et al. Características agrônômicas associadas com índices de vegetação medidos por sensores ativos de dossel na cultura da soja. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 517-526, 2013.

GRONDONA, I.; HERMOSA, M. R.; TEJADA, M.; GOMIS, M. D.; MATEOS, P. F.; BRIDGE, P.; MONTE, E.; GARCIA-ACHA, I. Physiological and biochemical characterization of *Trichoderma harzianum*, a biological control agent against soilborne fungal plant pathogens. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 63, n. 8, p. 3189-3198, 1997.

GUIMARÃES, G. R.; CARVALHO, D. D. C. Suppression of seed borne *Cladosporium herbarum* on common bean seed by *Trichoderma harzianum* and promotion of seedling development. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p.137-140, 2014.

HARMAN, G.E. et al. *Trichoderma* species – opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, p. 43–56, 2004.

HERWITZ, S. R. et al. Imaging from an unmanned aerial vehicle: agricultural surveillance and decision support. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 44, p. 49–61, 2004.

HINKLE, D.E.; WIERSMA, W.; JURIS, S.G. **Applied Statistics for the Behavioral Sciences**. 5th ed. Boston: Houghton Mifflin, 756 p. 2003.

HOYOS-CARVAJAL, L.; ORDUZ, S. e BISSET, J. Growth stimulation in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by *Trichoderma*. *Biological Control*, p: 409–416, 2009.

HUETE A. R. A. Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, p. 295-309, 1988.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: Embrapa Soja, 2011.

KOSAKA, H. Pine wilt disease caused by the pine wood nematode: The induced resistance of pine trees by the avirulent isolates of nematode. *European Journal of Plant Pathology*. v. 107, p. 667-675, 2001.

INSTITUTO NACIONAL DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Mapas**. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/>>. Acesso em 10 de mar. 2020.

INAMASU, R. Y.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, I. H.; BERNARDI, A. C. C. (ed.). **Agricultura de precisão: Resultados de um novo olhar**. São Carlos/SP: Embrapa instrumentação, p. 14-26, 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Gráficos diários**. Disponível em: <<https://tempo.inmet.gov.br/GraficosDiarios/A886>>. Acesso em 20 de abr. de 2020.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS – IPCC. Resumo para decisores. *In*: Field, C.B.; Barros, V.R.; Dokken, D.J.; Mach, K.J.; Mastrandrea, M.D.; Bilir, T.E.; Chatterjee, M.; Ebi, K.L.; Estrada, Y.O.; Genova, R.C.; Girma, B.; Kissel, E.S.; Levy, A.N.; MacCracken, S.; Mastrandrea P.R.; White, L.L. (eds.). **Alterações climáticas 2014: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade. Contribuição do Grupo de Trabalho II para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas**. Cambridge/UK: University Press, p. 1-32, 2014.

JENSEN, J.R. **Remote sensing of the environment: Earth Resources Perspective**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2 ed., 592 p., 2007.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução de Epiphânio, J.C. N. (Coord.). São José dos Campos, SP: Parênteses. p 598. 2010.

JESUS E. P., Souza C. H. E.; POMELLA, A. W. V.; COSTA, R. L.; SEIXAS, L.; SILVA, R. B. **Avaliação do potencial de *Trichoderma asperellum* como condicionador de substrato para a produção de mudas de café.** Revista do Centro Universitário de Patos de Minas. Ed 2(2): 7-19 p, 2011.

KAMALA, T. H.; DEVI, S. I.; SHARMA, K. C.; KENNEDY. K. Phylogeny and taxonomical investigation of *Trichoderma* spp. from Indian region of Indo-Burma biodiversity hot spot region with special reference to Manipur. **BioMed Research International**, New York, p.1-21, 2015.

KAPRI, A; TEWARI, L. Phosphate solubilization potential and phosphatase activity of rhizospheric *Trichoderma* spp. **Braz. Journal Microbiol.**, São Paulo, v. 41, n. 3, p. 787-795, 2010.

KAUFMAN, Y, J.; REMER, L. A. Detection of forests using mid-IR reflectance: an application for aerosol studies. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 32, p. 672-683, 1994. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1109/36.297984>. Acesso em 20 de maio de 2020.

KNOX, B.; LADIGES, P.; EVANS, B. **Biology**. Sydney: Mc Graw-Hill, 225 p.,1997.

KUMAR, L. **Modeling forest resources using geographical information systems and hyperspectral remote sensing**. 1998. 246 f. Tese (Doutorado) – University of New South Wales, Sydney, 1998.

LINHARES, M.M.A.; ROCHA, N.C.C.; AMARAL, B.A.S. Análise do índice MPRI como indicador vegetativo através da correlação do mesmo com o índice NDVI. *In*: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Fox do Iguaçu, 2013. **Anais...** 2013.

LIU, W. T. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: UNIDERP, 865 p., 2007.

LOBO JÚNIOR, M. **Controle de podridões radiculares no feijoeiro comum com o fungicida microbiano *Trichodermil***. Santo Antônio de Goiás, p. 13-17, 2005.

LOPES, M, A. **Os insumos biológicos na agricultura do futuro**. Brasília: Embrapa, 2018a. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/37761446/artigo---os-insumos-biologicos-na-agricultura-do-futuro>>. Acesso em 12 mar 2020.

LOPES, M. A. **Insetos, bactérias, fungos são o futuro da agricultura no Brasil. Gaúcha ZH**. Porto Alegre /RS, 14 de set. de 2018, 2018b. Disponível em <<https://gauchazh.clicrbs.com.br/opiniao/noticia/2018/09/insetos-bacterias-fungos-sao-o-futuro-da-agricultura-no-brasil-cjm29doff039f01mnwun5ldxg.html>> Acesso em 31 de mar. 2020.

LOUZADA, G.A.S; CARVALHO, D. D. C; MELLO, S.C.M., LOBO JÚNIOR, M.; MARTINS, I., BRAÚNA, L.M. Potencial antagônico de *Trichoderma* spp. originários

de diferentes ecossistemas contra *Sclerotinia sclerotiorum* e *Fusarium solani*. **Biota Neotrópica**, Campinas, p.145–149, 2009.

LUCON, C.M.M. **Promoção de crescimento de plantas com o uso de *Trichoderma* spp.** 2009. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2009\\_1/Trichoderma/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2009_1/Trichoderma/index.htm)>. Acesso em: 11 mar 2020.

MA, B. L.; DWYER, L. M.; COSTA, C.; COBER, E.R.; MORRISON, M. J. Early prediction of soybean yield from canopy reflectance measurements. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, n. 6, p. 1227-1234, 2001.

MACHADO; D. F. M.; PARZIANELLO, F. R.; SILVA, A. C. F.; ANTONIOLLI, Z. I. *Trichoderma* no Brasil: O fungo e o bioagente. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 35, n. 1, p. 274-288, 2012.

MARIANO, R. L. R. et al. Importância de bactérias promotoras de crescimento e de biocontrole de doenças de plantas para uma agricultura sustentável. *In: Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica*, v. 1, p. 89-111, 2013. **Anais...** 2013. Disponível em: <<http://journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/70>>. Acesso em: 08 de abr. de 2020.

MARTE, M.; BUONAURO, R.; TORRE, G; DELLA TORRE, G. Induction of systemic resistance to tobacco powdery mildew: by tobacco mosaic virus, tobacco necrosis virus or ethephon. **Journal of Phytopathology**, v. 138, p. 137-144, 1993.

MASTOURI, F.; BJÖRKMAN, T.; HARMAN, G. E. *Trichoderma harzianum* enhances Antioxidant defense of tomato seedlings and resistance to water deficit. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 25, n. 9, p. 1264-1271, 2012.

MEERA, M.S.; SHIVANNA, M.B.; KAGEYAMA, J.K.; HYAKUMACHI, M. Persistence of undiced systemic resistance in cucumber in relation to root colonization by plant-growth promoting fungal isolates. **Crop Protection**, v. 14, p. 123-130, 1993.

MENESES, P. R; ALMEIDA, T. D. **Introdução ao Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília, 2010.

MENGISTU, A. et al. Effect of charcoal rot on selected putative drought tolerant soybean genotypes and yield. **Crop Protection**, v. 105, p. 90-101, 2018. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.11.012>>. Acesso em 30 de mar. 2020.

MERCADO LIVRE. **Site de vendas on-line**. Disponível em: <<https://www.mercadolivre.com.br/>>. Acesso em 20 de maio de 2020.

MERCANTE, E. et al. Modelos de regressão lineares para estimativa de produtividade da soja no oeste do Paraná, utilizando dados espectrais. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.30, n.3, p. 504-517, 2010.

MEYER, M.C.; MAZARO, S.M.; SILVA, J.C. ***Trichoderma*: uso na agricultura**. Brasília: Embrapa, p. 407-415, 2019.



MICASENSE. **Produtos**. 2020. Disponível em < <https://www.micasense.com/>> Acesso em 23 mar. 2020.

MICASENSE; **Micasense Red Edge-MX™: Integration Guide**. 2019. Disponível em: < <https://support.micasense.com/hc/en-us/articles/360011389334-RedEdge-MX-Integration-Guide>>

MICASENSE; **Micasense Altum: Guia de integração**. 2019. Disponível em <<https://support.micasense.com/hc/en-us/articles/360010025413-Altum-Integration-Guide>>.

MICASENSE; **Micasense Red Edge-M™: User manual**. 2017. Disponível em: <<https://support.micasense.com/hc/en-us/articles/115003537673-RedEdge-M-User-Manual-PDF->>

MILANESI, Paola M. et al. Biocontrole de *Fusarium* spp. com *Trichoderma* spp. e promoção de crescimento em plântulas de soja. **Rev. de Ciências Agrárias**, Lisboa. v. 36, n. 3, p. 347-356, 2013.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L.R; COLAÇO, A.F. **Agricultura de precisão**. São Paulo: Oficina de Textos, 1 ed., 2015.

MORAES, E.C. **Fundamentos Do Sensoriamento Remoto**. Apostila. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE/MCTI). 2015. Disponível em: <[http://www.dsr.inpe.br/vcsr/files/capitulo\\_1.pdf](http://www.dsr.inpe.br/vcsr/files/capitulo_1.pdf)>. Acesso em: 6 de mar. de 2020.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. Viçosa: UFV, 3.ed., 320p., 2007.

MUNDSTOCK, C.M; THOMAS, A. L. **Soja: Fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. Porto Alegre: UFRS, p. 6, 2005.

NETO, M. S. **Variação de GSD: como funciona?** 2017. Disponível em: <<http://blog.droneng.com.br/variacao-de-gsd/>>. Acesso em: 6 de mar. de 2020.

NETO, M. S. **Pontos de controle: quando utilizar no mapeamento aéreo com Drone?** 2015. Disponível em: <<http://blog.droneng.com.br/pontos-de-controle-quando-utilizar-no-mapeamentoaereo-com-drone-2/>>. Acesso em: 5 de mar. de 2020.

NETO, M. S. **Planejamento de voo: tudo o que você precisa**. 2015. Disponível em: <<http://blog.droneng.com.br/planejamento-de-voo/>>. Acesso em: 5 de mar. De 2020.

NOTÍCIAS AGRÍCOLAS. **Cotações de soja**. 2020. Disponível em: < <https://www.noticiasagricolas.com.br/cotacoes/soja>>. Acesso em 25 de abr.de 2020.

NOVO, E. M. L.; **Sensoriamento remoto: Princípios e aplicações**. São Paulo: Editora Blucher, 2010.

- OLIVEIRA, A. G.; CHAGAS JÚNIOR, A. F.; SANTOS, G. R.; MILLER, L. O.; CHAGAS, L. F. B. Potencial de solubilização de fosfato e produção de AIA por *Trichoderma* spp. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 7, n. 3, p. 149-155, 2012.
- OLIVEIRA, T. C., **Variação temporal dos índices de vegetação da soja e cana-de-açúcar e obtenção do coeficiente de cultura ( $K_c$ ) a partir do NDVI**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2014.
- PARK, M. S. et al. Morphological and cultural characteristics of *Trichoderma* spp. associated with green mold of oyster mushroom in Korea. **The Plant Pathology Journal**, Suwon, v. 21, n. 3, p.221-228, 2005.
- PIETRAGALLA, J.; VEJA, A. M. Normalized difference vegetation index. In: PASK, A.; PIETRAGALLA, J.; MULLAN, D.; REYNOLDS, M. H. (Eds.) **Physiological Breeding II: a field guide to wheat phenotyping**. Mexico: CIMMYT, p. 37- 40, 2012.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. São Paulo: Nobel, 467 p., 1985.
- PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. 2010. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2010.
- PUSCOV, J. **Fligh system implementation in UAV**: Examensarbete utfört vid fysikinstitutionen, KTH, SCFAB. Somaren-Hosten, 51 p., 2002.
- QI, J.; CHEHBOUNI, A.; HUETE, A.R.; KERR, Y.H. **Modified Soil Adjusted Vegetation Index (MSAVI)**. 1994, p. 119-126.
- REIBEL, M. Geographic Information Systems and Spatial Data Processing in Demography: a Review. **Population Research and Policy**, n 5, 2007.
- RISSINI, A. L. L. **NDVI, crescimento e produtividade de cultivares de trigo submetidas a doses de nitrogênio**. 2011, dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 53 p., 2011.
- ROMEIRO, R.S; GARCIA, F.A.O. **Metabólitos e constituintes bacterianos como indutores de resistência em plantas a patógenos**. Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora, p. 131-160, 2007.
- ROMEIRO, R.S. et al. Macromolecules released by a plant growth-promoting rhizobacterium as elicitors of systemic resistance in tomato to bacterial and fungal pathogens. **Journal of Phytopathology**, p. 120-123, 2005.
- ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, v.16, p.81-90, 2005.

ROUSE J. W. et al. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *In: Proceedings of the 3rd. ERTS-1 Symposium, 1973, Washington, DC. Anais...* Washington, p.309-317, 1973.

SANTOS, H.P., LHAMBY, J. B., SPERA. S. T. Rendimento de grãos de soja em função de diferentes sistemas de manejo de solo e de rotação de cultura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, p.21-29. 2006.

SAUNDERS, D.F., BURSON, K.R.; THOMPSON, C.K. Model for hydrocarbon microseepage and related near-surface alterations. **A.A.P.G. Bull**, v. 83, p.170-185, 1999.

SCHOWENGERDT, R.A. **Techniques for Image Processing in Remote Sensing**. New York : Academic Press, 1993.

SHALIN, S.; NARAYAN, K. P.; LATA.; KOTASTHANE, A. S. Genetic relatedness among *Trichoderma* isolates inhibiting a pathogenic fungi *Rhizoctonia solani*. **African Journal of Biotechnology**, Lagos, v. 5, n. 8, p.580-584, 2006.

SHARMA, K.; MISHRA, A. K.; MISRA, R. S. Morphological, biochemical and molecular characterization of *Trichoderma harzianum* isolates for their efficacy as biocontrol agents. **Journal of Phytopathology**, Hoboken, v. 157, n. 1, p.51-56, 2009.

SHARMA, P.; PATEL, A. N.; SAINI, M. K.; DEEP, S. Field Demonstration of *Trichoderma harzianum* as a plant growth promoter in wheat (*Triticum aestivum* L). **Journal of Agricultural Science**, v. 4, n. 8, p. 6-73, 2012.

SHIRATSUCHI, L. S. et al. **Sensoriamento Remoto: Conceitos básicos e aplicações na agricultura de Precisão**. Brasília/DF: Embrapa, 2014.

SHIMABUKURO, Y. E.; MAEDA, E. E.; FORMAGGIO, A.R. Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas aplicados ao estudo dos recursos agrônômicos e florestais. **Revista Ceres**, Paluma, 2009. Disponível em: <<http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/3443/1344>>. Acesso em: 10 de mar. de 2020.

SILVA, A. M. M.; SACOMANI, L. B. Using chemical and physical parameters to define the quality of Pardo river water (Botucatu-SP-Brasil). **Water Research**, v.35, p.1609-1616, 2001.

SILVA, V.N. da; GUZZO, S.D.; LUCON, C.M.M.; HAKAKAVA, R. **Promoção de crescimento e indução de resistência à antracnose por *Trichoderma* spp. em pepineiro**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.46, p.1609-1618, 2011.

SILVA, M. C. A. P. **Impacto da inoculação com cepas de bactérias *Bacillus Amyloliquefaciens* sobre os processos fisiológicos de soja exposta a seca**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Instituto Federal De Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Rio Verde, 2019. Disponível em:

<[https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/716/1/tcc\\_Maria%20Silva\\_Fernanda%20Farnese.pdf](https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/716/1/tcc_Maria%20Silva_Fernanda%20Farnese.pdf)>. Acesso em: 19 de mar. de 2020.

SILVA, J. C.; TORRES, D. B.; LUSTOSA, D. C.; FILIPPI, M. C. C.; SILVA, G. B. Rice sheath blight biocontrol and growth promotion by *Trichoderma* isolates from the Amazon. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém, v. 55, n. 4, p. 243-250, 2012

SMITH, K. P.; GOODMAN, R. M. Host variation for interactions with beneficial plant associated microbes. **Annu Rev Phytopathol**, 37 ed., p. 473-491, 1999.

SONY. **Câmera semiprofissional  $\alpha$ 6000 com sensor APS-C**. 2019. Disponível em: <<https://www.sony.com.br/electronics/lentes-fotograficas-intercambiaveis/ilce-6000-body-kit>>. Acesso em: Acesso em: 22 de fev. de 2020.

STEFFLER, A. D.; SEHN, T.; GRELLMANN, D. K.; BACK, P. I.; BOURCHEID, C. A.; GUERRA, D. **Efeito do uso de *Bacillus Amyloliquefaciens* sobre a produtividade de duas cultivares de soja**. In: 9<sup>o</sup> Salão Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão, UERGS, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <<http://conferencia.uergs.edu.br/index.php/IXSIEPEX/IXSIEPEX/paper/viewFile/3670/926>>, acesso em 19-03-2020.

STORK, L.; GARCIA, D. C.; LOPES, S. J.; ESTEFANEL, V. **Experimentação vegetal**. Santa Maria: Editora da UFSM, 3 ed., 200 p., 2011.

STRECK, et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS – ASCAR, 2 ed, 222 p., 2008.

TAIPALE, E, S. **NDVI vs. NDRE: What's the Difference?** 2018. Disponível em: <<https://sentera.com/ndvi-vs-ndre-whats-difference/>>. Acesso em: 10 de mar. de 2020.

TSCHIEDEL M.; FERREIRA, M.F. Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens. **Ciência Rural**, v. 32, n.1, p. 159-163, 2002.

VALLAD, G.E., GOODMAN, R. M. Systemic acquired resistance and induced systemic resistance in conventional agriculture. **Crop Science** 44 ed. 1920-1934 p, 2004.

WREGE, M. S. et al. **Atlas Climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Pelotas/Colombo: EMBRAPA Clima Temperado/Florestas, 333 p., 2011.

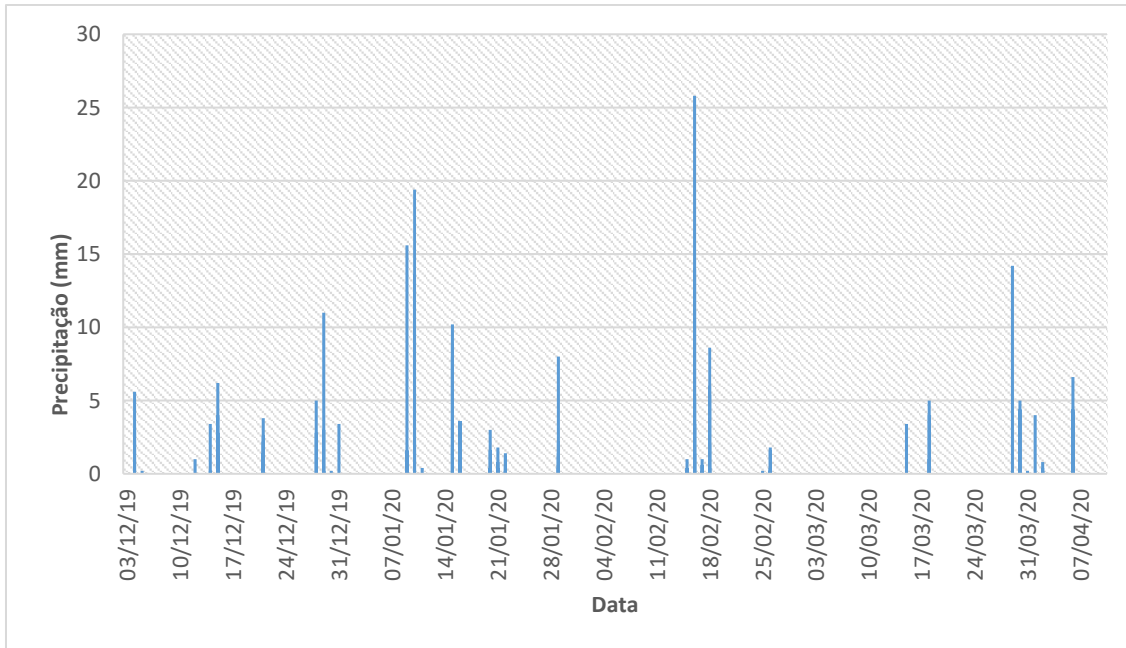
WIEWARDANA, C.; REDDY, K.R.; BELLALLOUI, N. Soybean seed physiology, quality, and chemical composition under soil moisture stress. **Food Chemistry**, v. 278, p. 92-100, 2019.

YANG, Z.; WILIS, P.; MUELLER, R. **Impact of Band-Ratio Enhanced AWIFS Image to Crop Classification Accuracy**. Denver, 2008. Disponível em:

<<http://www.asprs.org/a/publications/proceedings/pecora17/0041.pdf>>. Acesso em:  
15 de mar. de 2020.

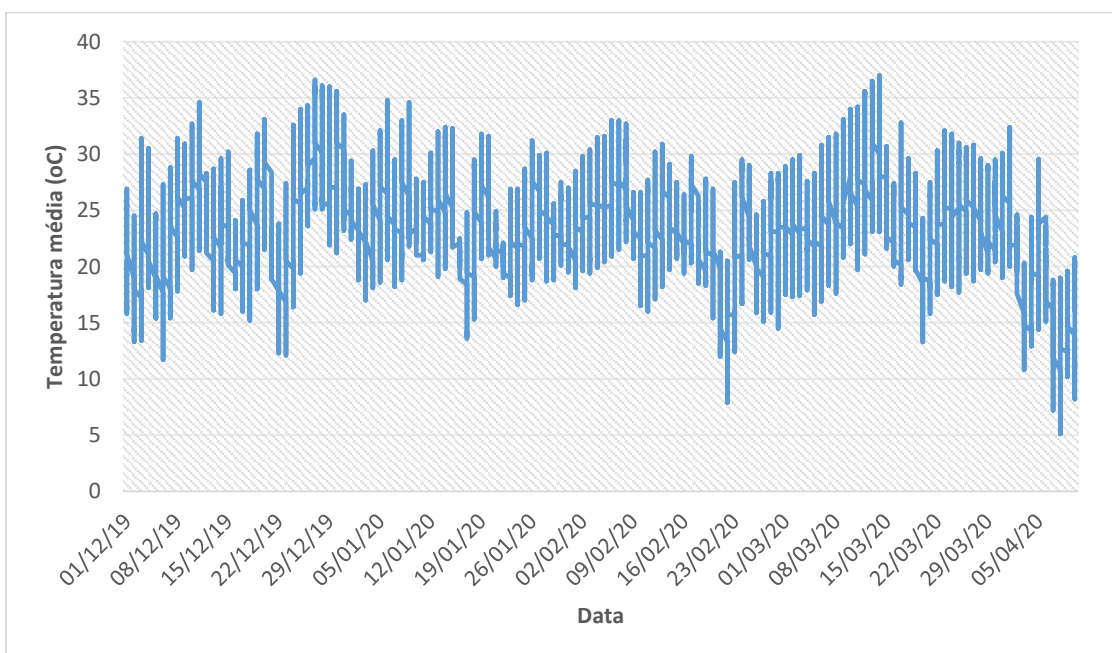
## ANEXO A – DADOS METEOROLÓGICOS PARA O PERÍODO ENTRE A SEMEADURA E COLHEITA DO EXPERIMENTO

Figura 28 – Gráfico da precipitação (mm) para os períodos entre a semeadura e colheita do experimento, em Tupanciretã (RS).



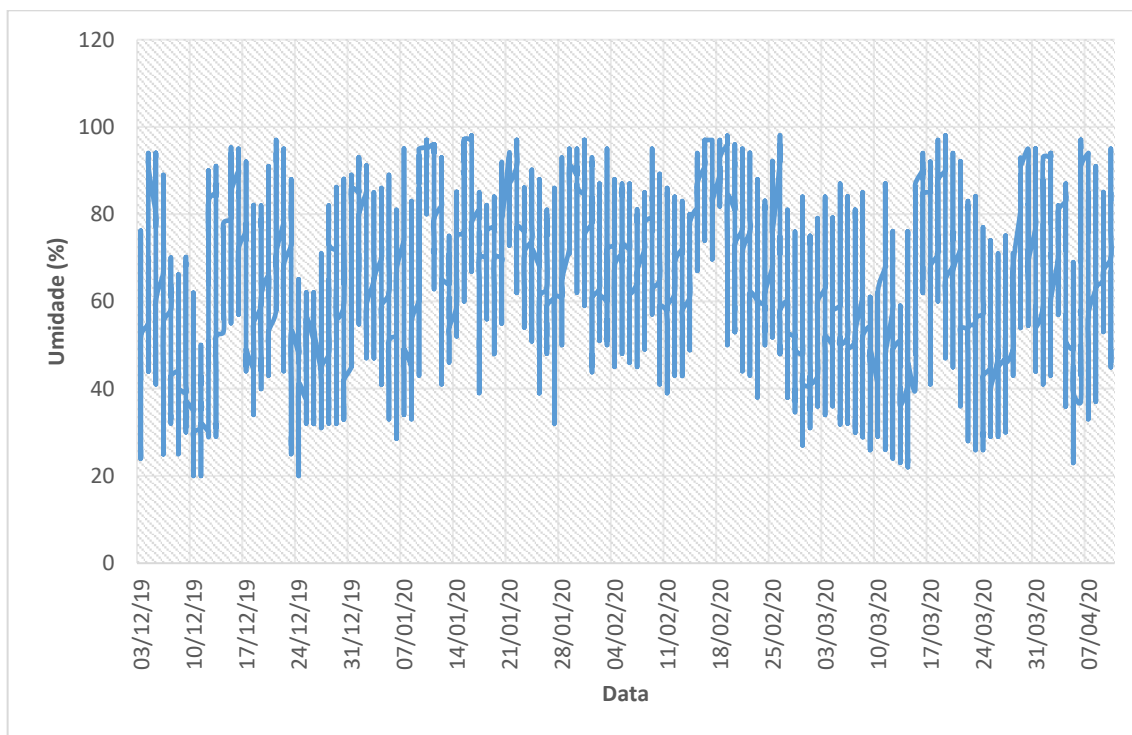
Fonte: Adaptado INMET (2020).

Figura 29 – Gráfico da temperatura (°C) para os períodos entre a semeadura e colheita do experimento em Tupanciretã (RS).



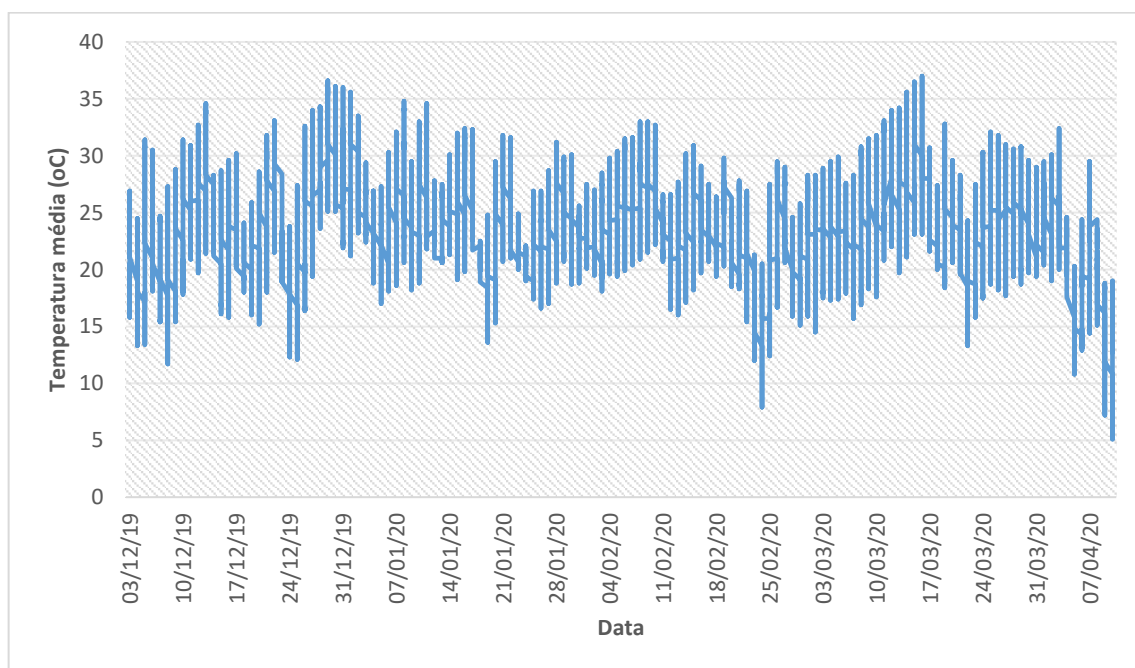
Fonte: Adaptado INMET (2020).

Figura 30 – Gráfico da umidade relativa do ar (%) para os períodos entre a semeadura e colheita do experimento em Tupanciretã (RS).



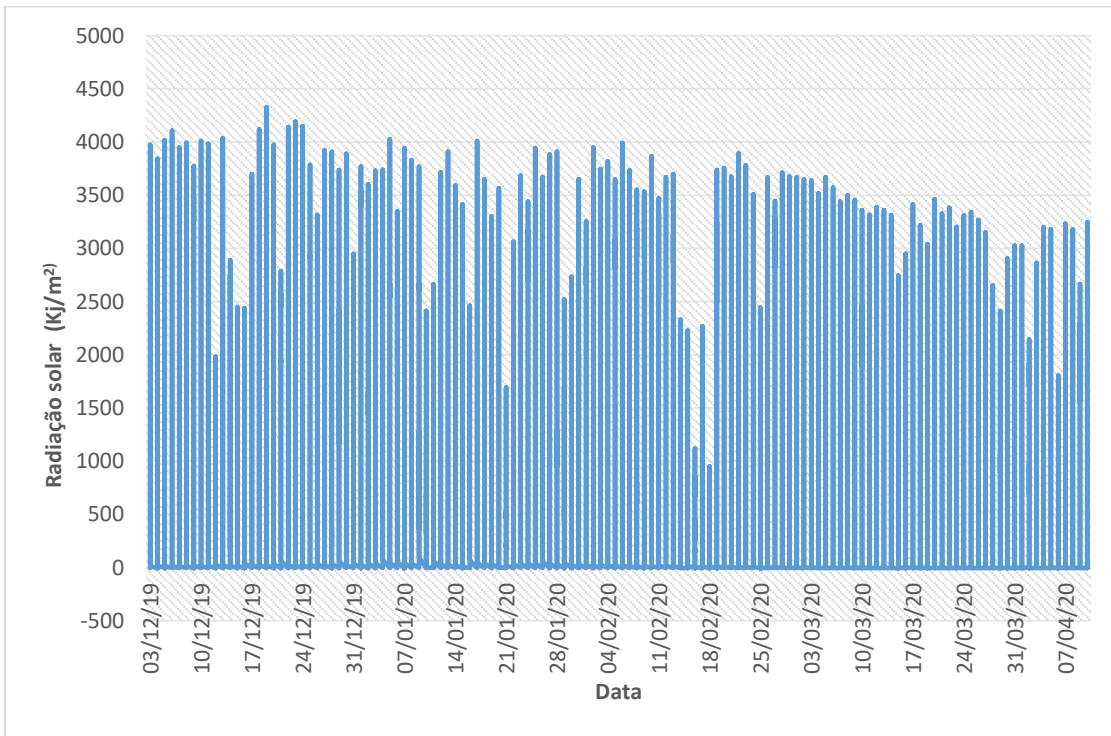
Fonte: Adaptado INMET (2020).

Figura 31 – Gráfico da pressão atmosférica (hPa) para os períodos entre a semeadura e colheita do experimento em Tupanciretã (RS).



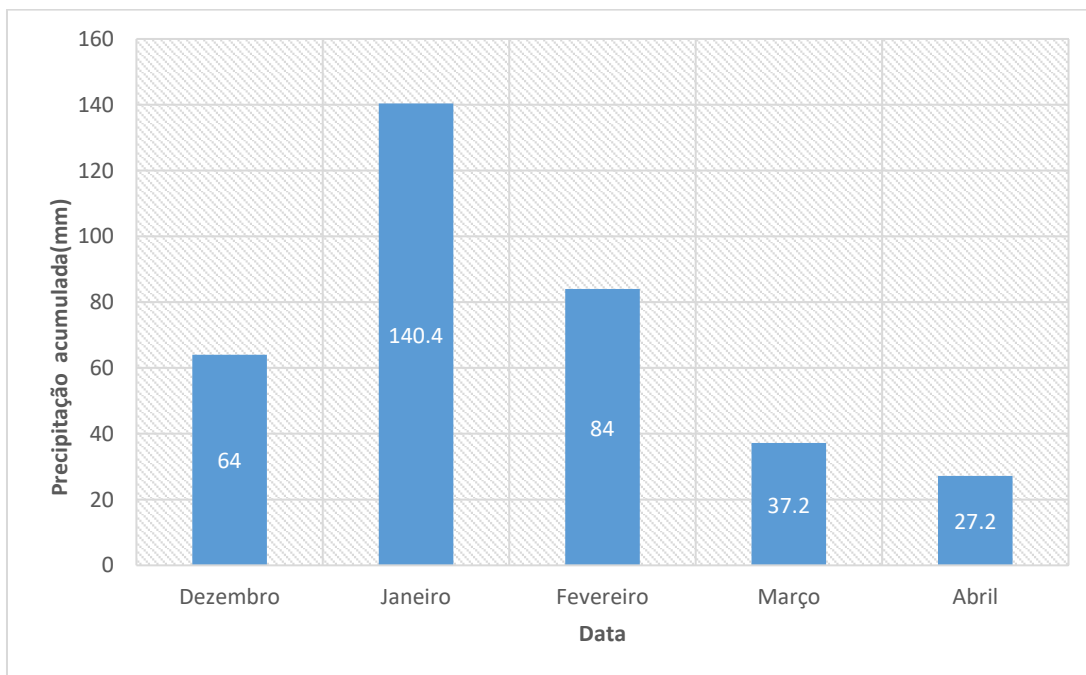
Fonte: Adaptado INMET (2020).

Figura 32 – Gráfico da radiação solar (kJ/m<sup>2</sup>) para os períodos entre a semeadura e colheita do experimento em Tupanciretã (RS).



Fonte: Adaptado INMET (2020).

Figura 33 – Gráfico da precipitação acumulada (mm) para o período entre a semeadura e colheita do experimento em Tupanciretã (RS).



Fonte: Adaptado INMET (2020).