UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA EM SANANDUVA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

RAYANE BRANCO DA SILVA

INFLUÊNCIA DE *BACILLUS ARYABHATTAI* NA PRODUTIVIDADE DO MILHO

SANANDUVA
2023

RAYANE BRANCO DA SILVA

INFLUÊNCIA DE *BACILLUS ARYABHATTAI* NA PRODUTIVIDADE DO MILHO

Trabalho de conclusão de curso (TCC) apresentado como requisito parcial de obtenção do título em Bacharel em Agronomia na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Me. Ernane Ervino Pfüller.

SANANDUVA
2023

Catalogação de Publicação na Fonte

S586i Silva, Rayane Branco da.
Influência de *Bacillus aryabhattai* na produtividade do milho / Rayane Branco da Silva. – Sananduva, 2023.
40 f.

Orientador: Prof. Me. Ernane Ervino Pfüller.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Curso de Bacharelado em Agronomia, Unidade em Sananduva, 2023.

1. *Bacillus aryabhattai*. 2. *Zea mays*. 3. Inoculação. I. Pfüller, Ernane Ervino. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por Carina Lima CRB 10/1905

RAYANE BRANCO DA SILVA

INFLUÊNCIA DE *BACILLUS ARYABHATTAI* NA PRODUTIVIDADE DO MILHO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado com requisito parcial para obtenção de título de Bacharel em Agronomia na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.
Orientador: Prof. Me. Ernane Ervino Pfüller
Aprovado em: 13/12/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Ernane Ervino Pfüller, orientador

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

Profª. Drª. Márcia Regina Maboni Hoppen Porsch – Co-orientadora

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

Engª. Agrª Drª. Priscila Barbieri Zini

SANANDUVA

2023

AGRADECIMENTOS

Sabemos que estamos no caminho certo quando começamos a ter gratidão por tudo que vivemos, e sem duvidas quem faz isso acontecer conosco é ele, Deus. Em primeiro lugar gostaria de agradecer a ele, por ter me dado a vida e por me proporcionar momentos inesquecíveis, me iluminando e guiando meus passos e minhas escolhas pelos caminhos da vida.

A minha família, por sempre me apoiar e me ajudar em qualquer circunstâncias, principalmente ao meu pai Jose Carlos, e meu namorado Carlos Alexandre, por toda a ajuda na condução do experimento.

Ao meu anjo da aguarda seu Romalino Moreira Branco (*in memorian*).

Ao professor Ms. Ernane Ervino Pfüller, orientador e a professora Dr. Márcia Regina Maboni Hoppen Porsch como co-órientadora deste trabalho de conclusão de curso, pelo tempo dedicado, ensino e apoio prestado, que não mediram esforços para que o mesmo fosse concretizado.

À Universidade Estadual do Rio Grande do Sul e a todos os professores que prestaram seu trabalho de ensino e aprendizagem.

Aos funcionários da UERGS, pelos serviços prestados.

Aos meus colegas, Edinéia, Marieli, Julia, kelen e Solari, por todos os momentos de aprendizado e por todos os trabalhos feitos em grupo.

RESUMO

A seca é o fator ambiental limitante ao crescimento das plantas e um dos fenômenos naturais que mais impactam a produtividade agrícola. A ocorrência de estresse hídrico causa muitos danos na cultura do milho (*Zea mays*), como a redução da produtividade, altura das plantas e diâmetro dos colmos. Uma alternativa é o uso de bactérias do gênero *Bacillus aryabhattai*, pois estas possuem mecanismos para diminuir os efeitos do estresse hídrico além de propiciar maior promoção do crescimento de espécies vegetais. O trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade e o desenvolvimento do milho com o uso da bactéria *Bacillus aryabhattai*. O experimento foi desenvolvido durante a safra 2022/2023 na comunidade do Capão do Cedro, localizada no interior do município de Lagoa Vermelha, RS. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, com 3 tratamentos e 4 repetições, totalizando 12 parcelas experimentais. As parcelas foram alocadas com 4 metros de largura por 3 metros de comprimento, o espaçamento utilizado foi de 40 cm entre linhas e 30 cm entre plantas. Cada parcela foi composta por 10 linhas de plantio, e para avaliação, evitando-se o efeito de bordadura, foi excluída as duas linhas laterais e mais 50 cm do início e final da parcela. Os tratamentos foram: T1- Sem aplicação de *Bacillus aryabhattai*; T2- Tratamento de semente + 4 ml da bactéria *Bacillus aryabhattai*; T3- Tratamento de semente + 8 ml da bactéria *Bacillus aryabhattai*. A dose de inoculante para as sementes foi baseada na proporção recomendada pelo fabricante, que recomenda 4 ml de inoculante para 1kg de sementes, acrescido de 4 ml de água. Para a inoculação das sementes foram utilizados para 250g de semente 1 ml de inoculante + 1 ml de água para o tratamento 2, e 2 ml de inoculante + 2 ml de água para o tratamento 3 e a testemunha (tratamento 1) não recebeu inoculante. As avaliações realizadas foram o diâmetro de colmo (mm), altura da planta (cm), número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira e produtividade de grãos ($kg.ha^{1}$). Os dados obtidos foram submetidos a análise estatística utilizando o software Genes, para a análise de diferença estatística, a nível de 5% de probabilidade de erro conforme teste F da Anova. A inoculação com bactérias promotoras de crescimento das espécies *B. aryabhattai* não influenciou estatisticamente na altura da planta, diâmetro de colmo, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira. A inoculação com a dose dobrada do recomendado pela empresa promoveu 41 sacos a mais por hectare na produtividade.

Palavra-chave: *Bacillus aryabhattai. Zea mays.* Inoculação.

ABSTRACT

Drought is the environmental factor limiting plant growth and one of the natural phenomena that most impacts agricultural productivity. The occurrence of water stress causes a lot of damage to corn (*Zea mays*) crops, such as reducing productivity, plant height and stem diameter. An alternative is the use of bacteria from the genus *Bacillus aryabhattai*, as they have mechanisms to reduce the effects of water stress in addition to promoting greater growth of plant species. The aim of the work was to evaluate the productivity and development of corn using the bacteria *Bacillus aryabhattai*. The experiment was carried out during the 2022/2023 harvest in the community of Capão do Cedro, located in the interior of the municipality of Lagoa Vermelha, RS. The experimental design used was completely randomized, with 3 treatments and 4 replications, totaling 12 experimental plots. The plots were allocated 4 meters wide by 3 meters long, the spacing used was 40 cm between rows and 30 cm between plants. Each plot consisted of 10 planting lines, and for evaluation, avoiding the border effect, the two lateral lines and another 50 cm from the beginning and end of the plot were excluded. The treatments were: T1- No application of *Bacillus aryabhattai*; T2- Seed treatment + 4 ml of *Bacillus aryabhattai* bacteria; T3- Seed treatment + 8 ml of *Bacillus aryabhattai* bacteria. The dose of inoculant for the seeds was based on the proportion recommended by the manufacturer, which recommends 4 ml of inoculant for 1 kg of seeds, plus 4 ml of water. For seed inoculation, 1 ml of inoculant + 1 ml of water was used for 250g of seed for treatment 2, and 2 ml of inoculant + 2 ml of water for treatment 3 and the control (treatment 1) did not receive inoculant. The evaluations carried out were stalk diameter (mm), plant height (cm), number of rows of grains per ear, number of grains per row and grain productivity ($kg.ha^{1}$). The data obtained were subjected to statistical analysis using the Genes software, for statistical difference analysis, at a 5% probability of error according to the Anova F test. Inoculation with growth-promoting bacteria of the species *B. aryabhattai* did not statistically influence plant height, stem diameter, number of rows per ear, number of grains per row. Inoculation with double the dose recommended by the company resulted in 41 more bags per hectare in productivity.

Keyword: *Bacillus aryabhattai*. *Zea mays*. Inoculation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Escala fenológica do milho 15
Figura 2 – Área do experimento na comunidade do Capão do Cedro, município de Lagoa Vermelha, RS, 2022. 22
Figura 3 - Croqui da área experimental na comunidade do Capão do Cedro, município de Lagoa Vermelha, RS, 2022. 23
Figura 4 – Processo de inoculação das sementes de milho, na comunidade do Capão do Cedro, município de Lagoa Vermelha, RS, safra 2022/2023. 24
Figura 5 - Área experimental após dessecação e demarcação das parcelas na comunidade do Capão do Cedro, município de Lagoa Vermelha, RS, 2022. 25
Figura 6 – Demarcação das linhas e espaçamentos entre linhas e aplicação do adubo a lanço na comunidade do Capão do Cedro, município de Lagoa Vermelha, RS, 2022. 26
Figura 7 - colheita manual das parcelas de milho na comunidade do Capão do Cedro, município de Lagoa Vermelha, RS, safra 2022/2023. 29
Figura 8 – Precipitação durante o ciclo da cultura do milho, na comunidade do Capão do Cedro, município de Lagoa Vermelha, RS, safra 2022/2023. 30
Figura 9 – Diferença visual no tamanho das espigas de milho submetidas a diferentes tratamentos na comunidade do Capão do Cedro, município de Lagoa Vermelha, RS, safra 2022/2023. 34

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos na comunidade do Capão do Cedro, município de Lagoa Vermelha, RS, 2022 23
Tabela 2 - Condições hídricas durante a condução do experimento em distintos estádios fenológicos na cultura do milho submetidas a diferentes tratamentos na comunidade do Capão do Cedro, município de Lagoa Vermelha, RS, safra 2022/2023. 31
Tabela 3 - Altura de plantas de milho, em metros, sob diferentes tratamentos na comunidade do Capão do Cedro, município de Lagoa Vermelha, RS, safra 2022/2023. 32
Tabela 4 - Diâmetro de plantas de milho em centímetros, sob diferentes tratamentos na comunidade do Capão do Cedro, município de Lagoa Vermelha, RS, safra 2022/2023. 32
Tabela 6 – Comparação de médias e resumo das análises de variância para a altura (m), diâmetro (cm), número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, em plantas de milho, submetidas a diferentes tratamentos na comunidade do Capão do Cedro, município de Lagoa Vermelha, RS, safra 2022/2023. 33
Tabela 5– Produtividade em $Kg.ha^{-1}$ submetidas a diferentes tratamentos na comunidade do Capão do Cedro, município de Lagoa Vermelha, RS, safra 2022/2023. 36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 11

1.2 OBJETIVOS 13

1.2.1 Objetivo geral 13

1.2.2 Objetivos específicos 13

2 REFERENCIAL TEÓRICO 14

2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO MILHO 14

2.2 A IMPORTÂNCIA DA AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DO MILHO 15

3.3 MICRORGANISMOS NA AGRICULTURA 16

2.4 BACTÉRIAS PROMOTORAS DO CRESCIMENTO 17

2.5 A CIGARRINHA NA CULTURA DO MILHO 19

3 MATERIAIS E MÉTODOS 21

3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA 21

3.2 DELINEAMENTO DO EXPERIMENTO 22

3.3 INOCULAÇÃO DA SEMENTE 24

3.4 SEMEADURA 25

3.5 MANEJO 26

3.6 PARÂMETROS AVALIADOS 27

3.6.1 Altura de planta 27

3.6.2 Diâmetro de colmo 27

3.6.3 Número de fileiras de grãos por espiga e número de grãos por fileira 28

3.6.4 Produtividade 28

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 29

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 37

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 38

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays L*.) apresenta relevância econômica e social no Brasil, e sua importância para humanidade está relacionada principalmente pelo seu potencial para obtenção de rendimento, valor nutricional e pelas variadas formas de utilização que pode ser para alimentação humana (milho verde, milho pipoca) ou para alimentação animal na forma de grãos, silagem, ou ainda como matéria prima para rações (EMBRAPA, 2015a).

Na última safra, a produção de milho no Brasil alcançou mais de 86 milhões de toneladas, com um volume maior de produção em segunda safra em relação à primeira safra de milho. O Rio Grande do Sul é o sexto maior produtor de milho grão do Brasil. Na safra 2021-2022, a área semeada no RS chegou a mais de 830 mil hectares (EMATER, 2022).

Porém, o estado do Rio Grade do Sul foi afetado pela estiagem no final do ano de 2021 e início do ano de 2022 e com isso, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), ocorreu uma queda de 23% da produtividade registrada na Região Sul durante a primeira safra, fato que causou uma redução de até 18,7% da região (CONAB, 2022).

A ocorrência de estresse hídrico causa muitos danos na cultura do milho, como a redução da produtividade, altura das plantas e diâmetro dos colmos, além da redução na fotossíntese causada pelo decréscimo na expansão celular e pelos danos causados no aparato fotossintético (GUIMARÃES; ROCHA; PATERNIAN, 2019).

A seca é o fator ambiental limitante ao crescimento das plantas e um dos fenômenos naturais que mais impactam a produtividade agrícola. A resposta da planta ao estresse hídrico é complexa, envolvendo uma coordenação entre expressão gênica e sua integração com os hormônios. Uma das respostas mais importantes ao estresse é o chamado ajustamento osmótico, que consiste na acumulação de solutos pelas células permitindo que a planta absorva água sem perder turgidez, a consistência que lhe confere rigidez (EMBRAPA, 2017).

A falta de água acarreta grandes problemas para as culturas principalmente para a cultura do milho, pois este apresenta alta demanda por água, necessitando de 250 a 500 mm de água por ciclo, apresenta sensibilidade ao estresse hídrico provocado pela baixa disponibilidade de água no solo, principalmente no período

crítico, que inicia no florescimento e vai até o enchimento dos grãos (HERNÁNDEZ *et al*, 2015 *apud* SILVA *et al*, 2021).

Devido a esses fatores muitos produtores estão escolhendo novas alternativas de manejo para suas produções.

Uma alternativa é o uso de bactérias do gênero *Bacillus aryabhattai,* pois estas possuem mecanismos para diminuir os efeitos do estresse hídrico além de propiciar maior promoção do crescimento de espécies vegetais (EMBRAPA, 2017).

Estudos indicam que essas rizobactérias têm forte impacto em vários mecanismos de tolerância ao estresse, os quais, em conjunto, resultam na melhoria dos processos das células que atuam para mitigar o estresse. Um desses mecanismos é a produção de osmólitos compatíveis, pequenas moléculas orgânicas selecionadas para contrabalançar estresses ambientais em organismos vivos, como betaína e a formação de biofilmes. Estes são agregados multicelulares que aderem à superfície das raízes por meio da produção de substancias, como os expolissacarídeos, proteínas e DNA (EMBRAPA, 2017).

Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar a produtividade e o desenvolvimento do milho com o uso da bactéria *Bacillus aryabhattai.*

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

- Avaliar os parâmetros de produtividade e de desenvolvimento do milho com o uso da bactéria *Bacillus aryabhattai* no tratamento de sementes.

1.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a qualidade e o peso dos grãos;
- Avaliar a estatura da planta (altura e diâmetro);
- Avaliar os números de fileiras e número de grãos por fileira.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta revisão será abordado alguns parâmetros da cultura do milho como: Aspetos gerais da cultura; Importância da avaliação da produtividade, incluindo os microrganismos na agricultura e as bactérias promotoras do crescimento, além de uma breve explicação sobre a cigarrinha do milho.

2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO MILHO

O milho (*Zea mays L*.) é uma espécie originária da América do Norte, com centro de origem genética no México (SILVEIRA *et al.,* 2015). É cultivado em praticamente todo o território brasileiro. Em 2020 o Brasil ocupou a terceira posição na produção mundial de milho com 100 milhões de toneladas (8,2% do total), superado apenas pelos Estados Unidos e pela China (EMBRAPA, 2020).

O milho (*Zea mays L*.) serve tanto para alimentação animal como para alimentação humana, mais de 5,5 milhões de toneladas de milho são destinadas, anualmente, para o consumo humano e outras aplicações industriais no Brasil (STRAZZI, 2015).

No Brasil o cultivo ocorre em duas safras distintas, a primeira no verão, conhecida como primeira safra, quando a cultura é semeada entre agosto e dezembro, e a segunda, a denominada safrinha, cultivada em sucessão a outras culturas, normalmente sendo semeada de janeiro a março.

O período de crescimento e desenvolvimento do milho é limitado pelas condições climáticas como: temperatura, água e radiação solar. A temperatura da planta é basicamente a mesma do ambiente que a envolve. Quando há uma elevação da temperatura, o processo metabólico é mais acelerado e nos períodos mais frios o metabolismo tende a diminuir. Essa oscilação metabólica ocorre dentro dos limites extremos tolerados pela planta de milho, compreendidos entre 10ºC e 30ºC. A temperatura ideal para o desenvolvimento do milho, da emergência à floração, está compreendida entre 24 e 30ºC (EMBRAPA, 2015a).

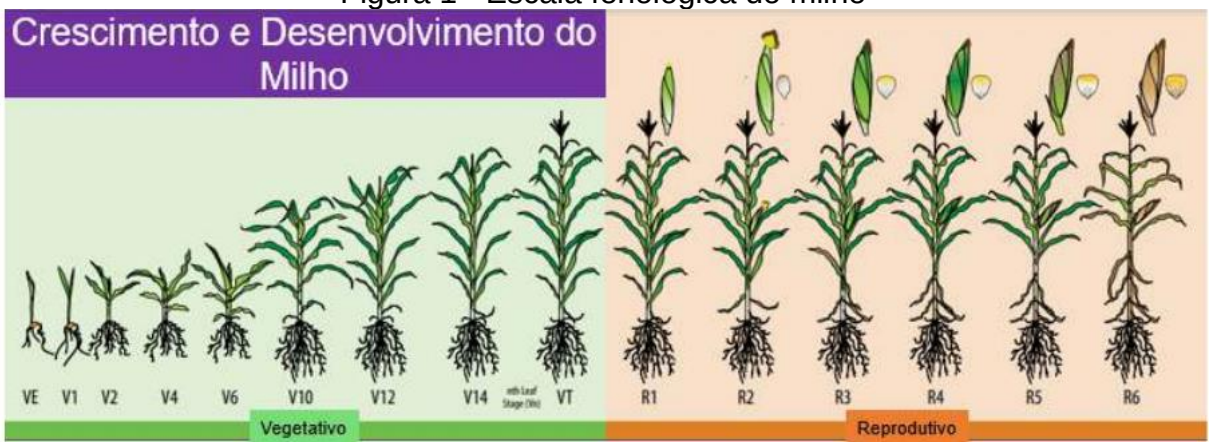
A cultura do milho é muito exigente em água, porém, pode ser cultivado em regiões onde as precipitações vão desde 250 mm até 5000 mm anuais, sendo que a quantidade de água consumida pela planta, durante seu ciclo está em torno de 600 mm. Nos estádios iniciais de crescimento o consumo de água pela planta, num clima

quente e seco, raramente excede 2,5 mm/dia e durante o período entre o espigamento e a maturação, o consumo pode se elevar para 5 a 7,5 mm diários (EMBRAPA, 2015a).

O milho é uma planta pertencente à família Poaceae e faz parte do grupo C4, altamente eficiente na utilização da luz. Sendo assim, a radiação solar é um dos parâmetros importantes para as plantas. Sem ela o processo fotossintético é inibido e a planta é impedida de expressar o seu máximo potencial produtivo, podendo atrasar a maturação dos grãos (EMBRAPA, 2015a).

Segundo Oliveira (2021), o ciclo fenológico da cultura do milho varia em três grupos: superprecoce (até 110 dias); normal (entre 110 e 145 dias), e tardio (maior que 145 dias). Independente do ciclo, o desenvolvimento da cultura do milho pode ser dividido em dois estádios, como ilustra a figura 1: o vegetativo e o reprodutivo, sendo que o vegetativo começa no VE (emergência) e terminam no VT (pendoamento) a definição da fase vegetativa é feita a partir da quantidade de folhas totalmente desenvolvidas, e o estádio reprodutivo começa quando os estilos-estigmas estão visíveis. São divididos em 6 estádios, começando pelo R1 (florescimento) e terminando no R6 (maturidade fisiológica).

Figura 1 - Escala fenológica do milho



Fonte: Adaptado de Oliveira (2021)

2.2 A IMPORTÂNCIA DA AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DO MILHO

A produtividade muitas vezes é o fator mais preocupante para o agricultor, pois é ela que determinará os prováveis ganhos na comercialização do produto. Vários agricultores procuram obter uma estimativa da produtividade antes da época da colheita, visto que, com isso podem utilizar a previsão da produção para avaliar as

necessidades futuras de transporte e armazenamento do produto (RODRIGUES *et al*., 2004).

Existem diferentes métodos propostos para estimar a produtividade de grãos na cultura do milho. Um deles é o método proposto pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais (EMATER, 2000 *Apud* RODRIGUES *et al*., 2004), que se baseia em componentes de produção da planta, exigindo a determinação da umidade e do peso médio dos grãos, espaçamento entre linhas e o número médio de espigas obtidos em várias amostragens. Outro método utilizado foi desenvolvido na Universidade de Illinois, nos Estados Unidos, é baseado na coleta de espigas na pré-colheita sendo estimada a produtividade de grãos a partir da contagem do número de espigas, do número de fileiras de grãos e do número de grãos por fileira de cada espiga (REETZ, 1987 *Apud* RODRIGUES *et al*., 2004). Assim, com esses métodos é fácil estipular uma previsão de produtividade.

3.3 MICRORGANISMOS NA AGRICULTURA

O solo é um recurso natural fundamental para a produção agrícola, além de ser um ambiente dinâmico e complexo, é também o habitat de uma grande diversidade de microrganismos representados por bactérias, fungos e algas, além de representantes da micro, meso e macrofauna (OLIVEIRA; GIORDANI; BARETTA, 2019). A microbiologia do solo é de suma importância para a agricultura, ajudando ativamente na melhoria e manutenção da qualidade do solo.

Os sistemas de plantio adotados no manejo do solo e a escolha da cobertura vegetal influenciam grandemente a população microbiana do solo, afetando de forma seletiva cada grupo microbiano. Sendo assim, o sistema de plantio direto favorece o desenvolvimento microbiano, pois apresenta maior acúmulo de resíduos vegetais orgânicos em sua superfície, como também nutrientes minerais, enquanto o sistema de plantio convencional, revolve o solo reduzindo a população e a incorporação mais uniforme dos resíduos vegetais, resultando numa distribuição mais homogênea dos microrganismos na camada arável (PFÜLLER; FRIES, 2000).

Os microrganismos presentes no solo, tem como responsabilidade fazer a decomposição de restos vegetais e animais, transformando estes em gases e elementos minerais capazes de serem utilizados por outros organismos, ajudando

assim, na produção de matéria orgânica e sendo eficientes para a formação de um solo fértil (OLIVEIRA; GIORDANI; BARETTA, 2019).

A matéria orgânica é o principal componente de fertilidade do solo. É o melhor indicador de sua qualidade, por integrar todos os aspectos de química, física e biologia do solo. A fauna, as raízes das plantas e os microrganismos juntos são a parte viva da matéria orgânica. Os microrganismos do solo podem atuar como bioindicadores da qualidade do solo, pois qualquer alteração na matéria orgânica, afeta os microrganismos, com isso os efeitos na comunidade microbiana podem ser detectados com mais rapidez (EMBRAPA, 2015b).

Ieda Mendes, pesquisadora da área de microbiologia do solo da Embrapa Cerrados (DF) descreve que a principal vantagem do uso de bioindicadores é a antecipação dos tipos de mudanças que podem ocorrer na matéria orgânica do solo em função do manejo adotado, sejam elas positivas ou negativas (EMBRAPA, 2015b).

Os microrganismos são de suma importância para a agricultura, pois atuam na formação do solo, realizam a ciclagem de nutrientes e a degradação de poluentes, e realizam a fixação biológica do nitrogênio (OLIVEIR; GIORDANI; BARETTA, 2019) e a supressão de patógenos, demonstrando assim que são fundamentais para o funcionamento do sistema solo-planta (GODOY, 2020).

Diante deste cenário, a busca por microrganismos benéficos é importante pois possibilita o desenvolvimento de produtos biológicos eficientes para a agricultura. Estes podem ser utilizados comercialmente, a partir da inoculação de bactérias promotoras de crescimento de plantas, sem gerar impactos ambientais e afetar a produtividade (MAJEED *et al*., 2015 *apud* GODOY, 2020; OLIVEIRA; GIORDANI; BARETTA, 2019).

2.4 BACTÉRIAS PROMOTORAS DO CRESCIMENTO

A rizosfera é um ambiente edáfico conhecido por hospedar uma ampla variedade de bactérias. Estas são chamadas de Rizobactérias Promotoras do Crescimento de Plantas (RPCPs), este termo foi proposto por Kloepper e Schroth (1978) e provém da expressão “*plant growth-promoting rhizobacteria* (PGPR)”, que é aceita pela comunidade científica internacional para expressão que designa esse grupo (SANTOS, 2018).

Porém, Gray e Smith (2005) *apud* Graças, *et al*. (2015) sugerem novos conceitos para classificar as RPCP: As PGPR são as bactérias que residem dentro das células das plantas, produzindo nódulos, estruturas especializadas na fixação de nitrogênio em leguminosas. As espécies pertencentes ao gênero *Rhizobium* são as mais estudadas deste grupo, mas existem outros gêneros bacterianos em solos que pertencem a essa categoria, tais como *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium* e *Allorhizobium*. E as ePGPR são as bactérias que se desenvolvem extracelularmente nos tecidos das raízes de diversas plantas, não produzindo nódulos, mas com capacidade de promover o crescimento vegetal através da produção de sinais ou substâncias específicas. Podem ser incluídas nesta categoria as bactérias dos gêneros *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Serratia* e *Burkholderia*.

Segundo Ferreira *et al*., (2018) os gêneros mais estudados de RPCP são *Bacillus, Pseudomonas, Azospirillum e Rhizobium.* Esses apresentam influências diversas sobre o desenvolvimento das plantas.

O gênero *Bacillus* compreende 191 espécies e quatro subespécies, que estão presentes naturalmente no ar, solo e água. É uma bactéria gram-positiva, aeróbica e formadora de esporos (JUNIOR, 2021). Este gênero apresenta endósporos, como estrutura de resistência. Essas estruturas são fatores positivos para bactérias inoculadas, pois elevam à tolerância as variáveis climáticas (VALDERRAMA, 2020).

As bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) são às que promovem efeitos benéficos as plantas hospedeiras, pois há muitos microrganismos associados às espécies vegetais, que acabam desempenhando efeitos benéficos, prejudiciais ou inócuos. As primeiras descobertas destes microrganismos foram por volta do ano de 1890 por Hellriegel (1831-1895) e Wilfarth (1853-1904), que observaram a capacidade de plantas leguminosas em fixarem nitrogênio atmosférico por meio dos nódulos de suas raízes (GODOY, 2020).

A pesquisadora Johanna Dobereiner (1924-2000) foi uma das pioneiras no Brasil, desenvolvendo estudos que identificaram bactérias associativas fixadoras de nitrogênio em gramíneas, percebendo que algumas plantas permaneciam verdes mesmo sem adubação nitrogenada mineral (Dobereiner, 1966, *Apud* SANTOS, 2020). A partir disso, houve um aumento nos estudos destes microrganismos.

As BPCP fazem parte da população residente das plantas como epifíticas ou endofíticas e não são fitopatogênicas. Conseguem estar presentes em todos os tecidos da planta ou até mesmo no solo (SOUZA *et al*., 2015 *apud* GODOY, 2020).

Podem ser utilizadas para tratamento de sementes, explantes e mudas micropropagadas, incorporadas ao substrato de plantio, tratamento de estacas, tubérculos e raízes, pulverizações na parte aérea incluindo folhagem e frutos, e em pós-colheita. Já existem diversos produtos biológicos a base de BPCP sendo comercializados no mundo (MARIANO, 2004).

Estudos realizados pela Embrapa Meio Ambiente de São Paulo (SP), indicaram potencial de bactérias que atuam em mitigar os efeitos do estresse hídrico além de propiciar maior promoção do crescimento de espécies vegetais. Os resultados sugerem que essas rizobactérias têm forte impacto em vários mecanismos de tolerância ao estresse (EMBRAPA, 2017).

O pesquisador da Embrapa Meio Ambiente (SP), Itamar Melo avalia que as bactérias tolerantes à seca, ao colonizar o sistema radicular das plantas sob estresse abiótico, produzem substâncias que hidratam as raízes, chamadas exopolissacarídeos. Estes fazem a formação dos biofilmes junto com proteínas e DNA (EMBRAPA, 2017).

Em 2021 a Embrapa Meio Ambiente (SP) junto com a empresa NOOA Ciência e Tecnologia Agrícola, de Minas Gerais, lançaram um novo bioinsumo. A rizobactéria *Bacillus aryabhattai* encontrada na rizosfera do mandacaru (*Cereus jamacaru*), importante cacto da região da Caatinga. É a base deste novo produto, possuindo a capacidade de aumentar a resiliência e a adaptação das plantas de milho ao estresse hídrico (EMBRAPA, 2021).

A busca por uma agricultura mais sustentável e menos agressiva ao meio ambiente é grande. Sendo assim, a utilização das bactérias promotoras de crescimento tem se mostrado importante, pois estas bactérias fazem com que as plantas possam superar o déficit hídrico, promovendo um maior crescimento do sistema radicular, podendo assim explorarem um volume maior de solo, formando raízes laterais maiores e um maior número de tricomas (SANTOS, 2020).

2.5 A CIGARRINHA NA CULTURA DO MILHO

O milho possui várias pragas e doenças, sendo que a principal praga é a cigarrinha (*Dalbulus maidis*). Além de ser uma praga importante, é a que transmite algumas doenças de relevância econômica.

D. maidis é um inseto de cor branco-palha, podendo apresentar-se levemente acinzentada, com cerca de 0,5 cm, que se alimenta da seiva da planta de milho e realiza postura sob a epiderme da folha, preferencialmente na nervura central de folhas do cartucho da plântula (SABATO; LANDAU; DE OLIVEIRA, 2014).

Os enfezamentos são doenças do milho causadas pela infecção da planta por microrganismos denominados molicutes (classe Mollicutes-Reino Bacteria), que são um espiroplasma (*Spiroplasma kunkelii*) e um fitoplasma (*Maize bushy stunt*). Há dois tipos de enfezamentos: a doença denominada enfezamento-pálido (causada por espiroplasma) e a doença denominada enfezamento-vermelho (causada por fitoplasma). Os molicutes invadem sistemicamente e multiplicam-se nos tecidos do floema da planta de milho e são transmitidos de plantas doentes para plantas sadias, pela cigarrinha (SABATO; LANDAU; DE OLIVEIRA, 2014).

A infecção com molicutes ocorre na plântula de milho em estádios iniciais de desenvolvimento. Esses microrganismos patogênicos proliferam nos tecidos do floema e a planta apresenta os sintomas do enfezamento apenas na fase de produção. Esse inseto-vetor dos molicutes sobrevive apenas no milho e, habitualmente, migra de lavouras com plantas adultas para lavouras com plântulas recém emergidas (SABATO; LANDAU; DE OLIVEIRA, 2014).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção será apresentado o passo a passo da metodologia utilizada no referente trabalho, além das características da área, como dados pluviométricos durante o experimento.

3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA

O trabalho foi realizado durante a safra 2022/2023 na comunidade do Capão do Cedro, localizada no interior do município de Lagoa Vermelha, Estado do Rio Grande do Sul.

A área utilizada para o plantio foi uma lavoura comercial de propriedade familiar (Figura 2), com latitude de 28° 6'32.45"S e longitude de 51°32'7.85"O. A precipitação da região média anual é de 1735 mm, com umidade relativa média anual de 75%. A temperatura média anual é de 16,7°C, enquanto a máxima fica em 22,6°C e a mínima em 12,2°C (REISSER, *et al*, 2012).

O clima, segundo a classificação de Köppen adaptada ao Brasil é do tipo subtropical, com verão quente, temperatura superiores a 22°C no verão e com mais de 30 mm de chuva no mês mais seco (KUINCHNTER; BURIOL, 2001).

O solo local é classificado como latossolo.

Figura 2 – Área do experimento na comunidade do Capão do Cedro, município de Lagoa Vermelha, RS, 2022.

Fonte: Google Earth (2023)

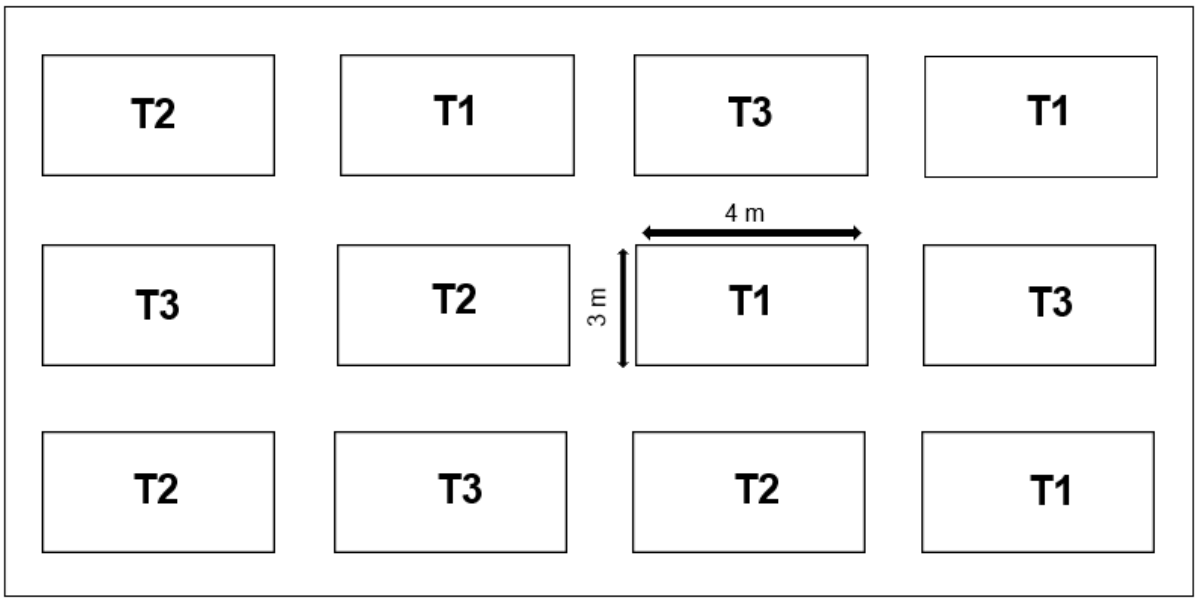
3.2 DELINEAMENTO DO EXPERIMENTO

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, com 3 tratamentos e 4 repetições, totalizando 12 parcelas experimentais.

As parcelas foram alocadas com 4 metros de largura por 3 metros de comprimento (como mostra a Figura 3), totalizando 12m^2 cada. O espaçamento utilizado foi de 40 cm entre linhas e 30 cm entre plantas, com um total de 84 mil plantas por hectare.

Cada parcela foi composta por 10 linhas de plantio, e para avaliação, evitando-se o efeito de bordadura, foi excluída as duas linhas laterais e mais 50 cm do início e final da parcela, ficando como área útil 5 m^2 (Figura 3).

Figura 3 - Croqui da área experimental na comunidade do Capão do Cedro, município de Lagoa Vermelha, RS, 2022.



Fonte: SILVA, R.B. (2022)

A semente de milho foi adquirida com um tratamento de semente industrial (TSI), onde foram utilizados os seguintes produtos: Fortenza® + Poncho®, estes possuem como princípio ativo Ciantraniliprole, Tiametoxam e Clotianidina. Na semente, já tratada, foram aplicadas as doses da bactéria *Bacillus aryabhattai,* ingrediente ativo do produto AURAS, sendo o último produto a recobrir a semente, não sendo misturado na calda com outros produtos químicos.

Os 3 tratamentos foram delineados conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos na comunidade do Capão do Cedro, município de Lagoa Vermelha, RS, 2022

Tratamentos	**Descrições**
T1	Sem aplicação de *Bacillus aryabhattai*
T2	Tratamento de semente + 4 ml da bactéria *Bacillus aryabhattai* (ingrediente ativo do produto AURAS)
T3	Tratamento de semente + 8 ml da bactéria *Bacillus aryabhattai* (ingrediente ativo do produto AURAS).

Fonte: SILVA, R.B. (2022)

3.3 INOCULAÇÃO DA SEMENTE

A semente foi inoculada com a bactéria *Bacillus aryabhattai*, no mesmo dia do plantio.

A dose de inoculante para as sementes foi baseada na proporção recomendada pelo fabricante, que recomenda 4 ml de inoculante para 1kg de sementes, acrescido de 4 ml de água.

Os cálculos da quantidade de inoculante e solução foram efetuados, de acordo com a quantidade de sementes necessária para a instalação do experimento. Nesse caso, para cada tratamento foram utilizados 250g de semente. Vale ressaltar que, para o experimento se utilizou 92 sementes/m^2, a inoculação ocorreu nos 250 g, sendo 1 ml de inoculante + 1 ml de água para o tratamento 2, e 2 ml de inoculante + 2 ml de água para o tratamento 3 e a testemunha (tratamento 1) não recebeu inoculante.

O processo de inoculação foi de modo manual feito com a ajuda de um saco plástico para efetuar a mistura. Na Figura 4 observa - se o processo de inoculação que iniciou pela pesagem da semente, conforme a letra A, pesagem do inoculante (B) e adição de água misturando ao inoculante (C). Na figura D a semente já estava em contato com o inoculante, feito a homogeneização (E) e na figura F cada saquinho continha seu tratamento já inoculado na proporção adequada.

Figura 4 – Processo de inoculação das sementes de milho, na comunidade do Capão do Cedro, município de Lagoa Vermelha, RS, safra 2022/2023.

Fonte: SILVA, R.B. (2022)

3.4 SEMEADURA

Antes da semeadura, realizou-se a dessecação da área para eliminar plantas indesejadas e também, para que a cobertura de inverno viesse a se tornar palhada. Como observa - se na Figura 5.

Figura 5 - Área experimental após dessecação e demarcação das parcelas na comunidade do Capão do Cedro, município de Lagoa Vermelha, RS, 2022.

Fonte: SILVA, R.B. (2022)

O híbrido utilizado neste experimento foi o MG545 (MORGAN), caracterizado pelo fabricante como de ciclo precoce. Possui média a alta resposta a investimentos e possui uma melhor resposta em anos favoráveis a ocorrência de doenças.

Após a semeadura, foi aplicado uma quantidade de 54 g de adubo nitrogenado fórmula 10-24-14 em cobertura por parcela, equivalendo a 450 kg de adubo por hectare (Figura 6).

A semeadura foi realizada dia 02 de novembro de 2022, e utilizou-se a plantadeira manual conhecida como saraquá.

O plantio teve início pela testemunha, pois esta não tinha contato com o inoculante, passando para o tratamento 2 e, em seguida, para o tratamento 3, evitando assim contaminação cruzada.

Para as linhas de plantio, foi utilizado um espaçamento de 40 cm entre linhas e 30 cm entre plantas, os quais foram demarcados manualmente com a ajuda de uma trena. Na Figura 6 pode-se observar a demarcação das linhas e espaçamentos entre linhas e entre plantas (A), plantio com a plantadeira manual (B), após o plantio foi feito a pesagem do adubo (C) e feito a aplicação do adubo a lanço (D)

Figura 6 – Demarcação das linhas e espaçamentos entre linhas e aplicação do adubo a lanço na comunidade do Capão do Cedro, município de Lagoa Vermelha, RS, 2022.

Fonte: SILVA, R.B. (2022)

Para realizar a adubação de cobertura de N foi utilizada a uréia, e a aplicação foi realizada em apenas 1 etapa, no estágio fenológico V4 com aplicação de 50 g de uréia por parcela, totalizando 6 kg de ureia em todo o experimento, o que equivale a 400 kg por hectare.

3.5 MANEJO

Realizou-se capinas manuais para evitar a competição do milho com plantas espontâneas.

Não foi necessário utilizar fungicidas para o controle de doenças como a ferrugem (*Puccinia polysora*) e a Helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*).

Foi necessário a aplicação de inseticidas para o controle da cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*), por ser uma praga importante na cultura do milho, pois, pode transmite doenças que podem acarretar grandes perdas.

Durante a condução do experimento, foram realizadas três aplicações de inseticida, com um intervalo de tempo de 5 a 7 dias. Para a aplicação foi utilizado pulverizador costal. Os inseticidas usados foram duas doses do Brilhante®, que possui como princípio ativo o metomil e uma dose do Perito® que possui como ingrediente ativo o acefato.

3.6 PARÂMETROS AVALIADOS

Os parâmetros avaliados nesse trabalho foram: a) altura de planta, b) diâmetro de colmo, c) número de fileiras de grãos por espiga e número de grãos por fileira, d) produtividade.

3.6.1 Altura de planta

No estádio fenológico do florescimento masculino, foi avaliado o parâmetro de altura de planta. As medições foram feitas na área útil de cada parcela, para evitar efeitos de bordadura. Foram aferidas 10 plantas aleatórias de cada parcela. A medida da altura da planta foi feita da base da planta, rente ao solo, até a última folha, sem alterar sua conformação com uso de trena.

3.6.2 Diâmetro de colmo

No estádio fenológico do florescimento masculino, foi realizada avaliação do diâmetro do colmo, mensurado com o auxílio de um paquímetro. A aferição foi realizada nas mesmas 10 plantas em que foram realizadas as avaliações de altura de planta, a partir do segundo nó acima do solo.

3.6.3 Número de fileiras de grãos por espiga e número de grãos por fileira

Ao final do ciclo da cultura foi feita a contagem do número de grãos por fileira e número de fileiras de grãos na espiga. As avaliações foram realizadas em 10 plantas aleatórias nas áreas úteis das parcelas em cada tratamento, realizando assim a média.

3.6.4 Produtividade

Ao final do ciclo da cultura foi avaliado a produtividade da cultura, colhendo – se e debulhando-se todas as plantas da área útil da parcela, incluindo as espigas coletadas para avaliação de número de fileiras por espiga e número de grãos por fileiras.

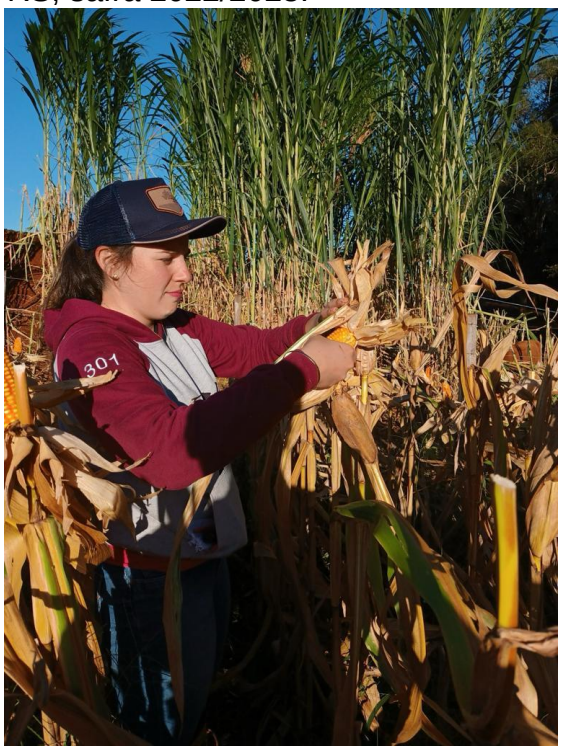
A massa de grãos foi pesada, retirada uma amostra para medir a umidade e, posteriormente, foi feita a determinação da produtividade em $Kg.ha^{-1}$, com a correção da umidade a 14%.

Os dados obtidos nas avaliações foram submetidos a análise estatística utilizando o software Genes (CRUZ, 2016), para a análise de diferença estatística, a nível de 5% de probabilidade de erro conforme teste F da ANOVA.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A colheita foi realizada dia 21 de abril de 2023, de forma manual (Figura 7) e o ciclo do milho apresentou 169 dias. Segundo o setor de pesquisa da empresa MORGAN (SD), o ciclo do material na região subtropical alta (acima de 700m) é de 150 dias, porém, só se obteve condições para colheita 19 dias após o termino do ciclo do mesmo. Oliveira (2021) relata que, o ciclo fenológico da cultura do milho varia em três grupos: superprecoce (até 110 dias); normal (entre 110 e 145 dias), e tardio (maior que 145 dias), sendo o híbrido utilizado no trabalho tardio.

Figura 7 - colheita manual das parcelas de milho na comunidade do Capão do Cedro, município de Lagoa Vermelha, RS, safra 2022/2023.



Fonte: SILVA, R.B. (2023)

Referente a precipitação durante a condução do experimento, se observa na figura 8, que dezembro foi o mês em que se apresentou maior precipitação com 179 mm de chuva e o mês de novembro com a menor precipitação de 2 mm de chuva. O experimento obteve 514 mm de chuva total durante o ciclo inteiro do milho.

Segundo a Embrapa (2015a), a cultura do milho é muito exigente em água, sendo que a quantidade de água consumida pela planta durante seu ciclo está em

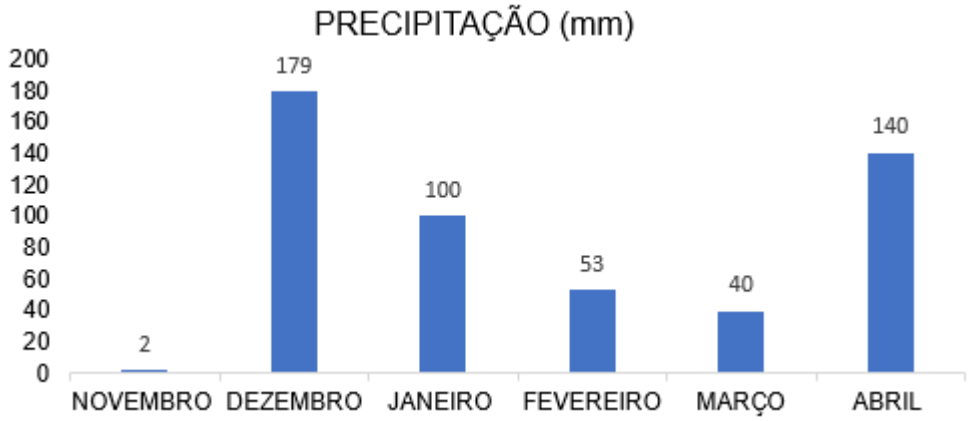
torno de 600 mm. Sendo assim, mesmo sendo uma safra considerada de seca, o milho recebeu uma quantidade aceitável de chuva.

Durante o período de condução do experimento a média de chuvas foi de 3,09 $mm.dia^{-1}$. Nos estádios iniciais (V0-VT) o milho recebeu em torno de 3,29 $mm.dia^{-1}$. Já no período entre o espigamento e a maturação (R1 – R6) recebeu 2,94 $mm.dia^{-1}$.

Se comparamos a figura 8 com a Tabela 2, notamos que em dezembro, mês com maior precipitação, o milho iniciou o mês em estádio fenológico V7, encerrando o mês em aparecimento do pendão (VT).

Segundo Machado (2016), excesso de chuva pode trazer consequências danosas para o milho, principalmente para aqueles que se encontram em fase de pendoamento, pois a chuva pode lavar o pólen impossibilitando a polinização e fecundação da espiga. Durante a condução do experimento, o milho recebeu 95 mm de chuva enquanto estava na fase de polinização, não acarretando grandes perdas de produtividade (Tabela 2).

Figura 8 – Precipitação durante o ciclo da cultura do milho, na comunidade do Capão do Cedro, município de Lagoa Vermelha, RS, safra 2022/2023.



Fonte: SILVA, R.B. (2023)

Tabela 2 - Condições hídricas durante a condução do experimento em distintos estádios fenológicos na cultura do milho submetidas a diferentes tratamentos na comunidade do Capão do Cedro, município de Lagoa Vermelha, RS, safra 2022/2023.

Dia/mês/ano	Precipitação (mm)	DAP*	Estádios fenológicos da planta
21/11/2022	2	19	V4
03/12/2022	98	31	V7
10/12/2022	8	38	V8
15/12/2022	18	43	
17/12/2022	30	45	V12
19/12/2022	20	47	
27/12/2022	5	55	VT
04/01/2023	5	63	VT/R1
17/01/2023	95	76	R1
04/02/2023	10	94	R2
25/02/2023	43	115	R4
05/03/2023	40	123	R5
17/04/2023	100	166	R6
19/04/2023	40	168	
Média	**3,05**		

*Dias Após Plantio.

Fonte: SILVA, R.B. (2023)

Sobre a altura das plantas de milho, observou – se que a média geral dos tratamentos foi de 1,67 metros de altura. A maior altura ocorreu no tratamento 2, seguido pelo tratamento 3 e 1 (Tabela 3).

Tabela 3 - Altura de plantas de milho, em metros, sob diferentes tratamentos na comunidade do Capão do Cedro, município de Lagoa Vermelha, RS, safra 2022/2023.

Tratamentos*	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Média**
T1	2,27	1,40	2,37	1,76	**1,56**
T2	2,55	2,29	1,70	2,30	**1,77**
T3	1,94	1,83	2,49	2,19	**1,69**
Média	**2,25**	**1,84**	**2,18**	**2,08**	**1,67**

*Tratamento 1 (testemunha) não houve contado com a bactéria, o tratamento 2 foi utilizado 4 ml de *Bacillus aryabhattai*, e tratamento 3 recebeu 8 ml de *Bacillus aryabhattai.* **A média foi realizada a partir da avaliação de 10 plantas por parcela.

Fonte: SILVA, R.B. (2023)

Esse parâmetro é necessário a ser avaliado pois está diretamente ligado à resistência da planta ao acamamento e área foliar para atividade fotossintética (REPKE, 2012 *Apud* MODENA, 2019). Nota-se que o tratamento 2 apresentou maior altura em relação aos demais, o que pode indicar influência da adição da bactéria *Bacillus aryabhattai* no crescimento da planta.

Outra avaliação que deve ser considerada é do diâmetro do colmo, pois é um parâmetro relacionado a resistência da planta ao acamamento, e também ligado ao transporte e armazenamento de fotoassimilados e, consequentemente, pode contribuir com aumentos de produtividade (KAPPES *et al*., 2011). Em relação ao diâmetro do colmo de planta observa-se, na Tabela 4, que a média foi de 15,83 cm, sendo o tratamento 2 apresentou o melhor resultado, seguido do tratamento 1.

Tabela 4 - Diâmetro de plantas de milho em centímetros, sob diferentes tratamentos na comunidade do Capão do Cedro, município de Lagoa Vermelha, RS, safra 2022/2023.

Tratamentos*	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Média**
T1	18,7	18,6	22,7	19	**15,80**
T2	22,1	21	17,6	19,9	**16,12**
T3	16,7	17,1	21,1	23	**15,58**
Média	**19,16**	**18,9**	**20,46**	**20,63**	**15,83**

*Tratamento 1 (testemunha) não houve contado com a bactéria, o tratamento 2 foi utilizado 4 ml de *Bacillus aryabhattai*, e tratamento 3 recebeu 8 ml de *Bacillus aryabhattai.* **A média foi realizada a partir da avaliação das mesmas 10 plantas avaliadas na altura, com a ajuda de um paquímetro.

Fonte: SILVA, R.B. (2023)

Estudos de Santos *et al*. (2013) observaram que as bactérias fixadoras de nitrogênio (BFN) proporcionaram significativo aumento no diâmetro de colmo, favorecendo o melhor transporte de água e nutrientes. Ndoung e Santos (2019) realizaram ensaios em plantas de milho com e sem nematoides, com e sem *B. aryabhattai* e com e sem estresse hídrico e relataram aumento dos parâmetros altura e diâmetro em condições de estresse hídricos com *Bacillus aryabhattai,* pois, nessas condições, a bactéria é ativada através de diversas ações metabólicas conseguindo promover o crescimento da planta.

Sobre o número de fileiras e número de grãos por fileiras não se obteve diferença estatística, mas o tratamento 2 apresentou melhores índices para as 4 variáveis avaliadas, seguido do tratamento 3 e tratamento 1, respectivamente, já o coeficiente de variação (CV) apresentou adequação para 3 das 4 variáveis analisadas (Tabela 6).

Tabela 5 – Comparação de médias e resumo das análises de variância para a altura (m), diâmetro (cm), número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, em plantas de milho, submetidas a diferentes tratamentos na comunidade do Capão do Cedro, município de Lagoa Vermelha, RS, safra 2022/2023.

Tratamentos*	**Altura (m)**	**Diâmetro (cm)**	**N.º de fileiras por espigas**	**N.º de grãos por fileiras**
T1	1,56	15,80	15	17
T2	1,77	16,12	18	27
T3	1,69	15,58	17	23
QM tratamentos	$0,1316^{ns**}$	$0,46^{ns}$	$21,1^{ns}$	$214,93^{ns}$
QM resíduos	0,1392	5,68	10,07	68,69
Médias	2,00	19,79	16,7	22,33
CV%	18,5684	12,0497	19,0092	37,1118

*Tratamento 1 (testemunha) não houve contado com a bactéria, o tratamento 2 foi utilizado 4 ml de *Bacillus aryabhattai*, e tratamento 3 recebeu 8 ml de *Bacillus aryabhattai*

**ns não significativo em 5% de significância para teste F da ANOVA.

Fonte: SILVA, R.B. (2023)

Balbinot (2018) testou a campo cinco isolados de *Bacillus sp.* e observou também que para o parâmetro número de fileiras por espiga não apresentou diferença estatística entre os tratamentos, variando apenas, o número de fileiras entre 14 e 16.

O número de grãos por fileira está diretamente ligado ao comprimento de espiga que, por sua vez, é um dos atributos que pode afetar a produtividade de grãos. Com isso, constitui-se em importante variável a ser analisada na cultura do milho. No trabalho não foi realizado a avaliação deste parâmetro, sugerindo-se em futuros trabalhos a avaliação do comprimento de espiga. Todavia, observando a Figura 9, observa-se uma diferença visual no tamanho de espigas nos diferentes tratamentos.

Figura 9 – Diferença visual no tamanho das espigas de milho submetidas a diferentes tratamentos na comunidade do Capão do Cedro, município de Lagoa Vermelha, RS, safra 2022/2023.

Fonte: SILVA, R.B. (2023)

Em um estudo com *Azospirillum brasilense*, Cavallet *et al*. (2000) encontraram aumento no comprimento médio das espigas de milho, de 13,6 para 14,4 cm, ou seja, aumento médio de 6%.

Alguns trabalhos demonstraram o potencial de RPCV em elevar o número de grãos por fileira. Modena (2019) constatou que a inoculação de isolados do gênero *Pseudomonas* (CBSAL21, CBSAL02 e CBSAL05) associados com 50% da dose de nitrogênio tiveram efeito estatisticamente semelhante ao tratamento com 100% da

dose, sobre número de grãos por fileira na espiga, demonstrando potencial dos isolados.

Em relação a altura e o diâmetro do colmo do milho, também não apresentaram diferença estatísticas.

Araújo (2008) constatou que a inoculação no milho de *Bacillus subtilis* não diferiu estatisticamente da testemunha na altura da planta. Porém, a associação de *Bacillus subtilis* com farinha de ostras elevou significativamente a altura. Adicionalmente, algumas RPCVs têm potencial de solubilização de fósforo e a farinha de ostras possui alto teor de fósforo em sua composição, fator que pode ter contribuído para o incremento observado.

Braccini *et al*. (2010) mostra que a capacidade de promover incremento na altura de planta é, também, realizado por outras rizobactérias. Ao analisarem a eficiência da inoculação de *Azospirillum* em sementes de milho com e sem nitrogênio, verificaram que os tratamentos inoculados com a bactéria *Azospirillum* proporcionaram maior altura de planta.

Apesar da ativação de rotas metabólicas do processo de divisão celular, o aumento no volume e diferenciação celular para a cultura do milho promovidos pelos inoculantes, de acordo com Martins *et al*. (2016), não foi possível identificar diferença entre os tratamentos para diâmetro do caule, em experimento com o inoculante comercial Feriactyl®.

Para a produtividade, pode-se observar na Tabela 5, que o tratamento 3 apresentou melhor resultado entre os tratamentos, sendo que no tratamento T3 correspondente a 8 ml da dose de em *B. aryabhattai* obteve-se a maior produtividade. Os tratamentos T2 e T1, correspondentes a 4ml de *B. aryabhattai* e sem o uso de *B. aryabhattai*, respectivamente, apresentaram os menores valores (Tabela 5).

Tabela 6– Produtividade em Kg.ha^{-1} submetidas a diferentes tratamentos na comunidade do Capão do Cedro, município de Lagoa Vermelha, RS, safra 2022/2023.

Tratamentos*	Produtividade por tratamento (Kg)**	Produtividade em Kg.ha^{-1}***	Produtividade em sc.ha^{-1}
T1	50,35	8.781,25	146
T2	54,74	9.545,83	159
T3	68,65	11.970,84	200
Média	**57,91**	**10.099,12**	**168**

*Tratamento 1 (testemunha) não houve contado com a bactéria, o tratamento 2 foi utilizado 4 ml de *Bacillus aryabhattai*, e tratamento 3 recebeu 8 ml de *Bacillus aryabhattai.* **A pesagem foi realizada a partir da debulha de toda área útil de cada parcela, com seus respectivos tratamentos. *** Produtividade em Kg.ha^{-1} com a correção da umidade para 14%.

Fonte: SILVA, R.B. (2023)

Lima *et al.* (2011) também encontraram esse aumento na produtividade, em que constataram que a inoculação das sementes de milho com *Bacillus subtilis* melhorou o desenvolvimento e aumentou a produtividade de grãos.

Modena (2019) constatou que a inoculação com RPCV, pertencente ao gênero *Pseudomonas,* associadas com 100% da adubação nitrogenada, resultou no incremento de produtividade para a cultura do milho quando comparado ao tratamento com 100% da adubação nitrogenada e sem inoculação. Estes dados corroboram para uma maior produtividade do milho o uso de *Bacillus aryabhattai* se comparada a testemunha que só recebeu adubação nitrogenada.

Apesar do tratamento T3 ter proporcionado 41 sacas a mais do que o segundo melhor tratamento (T2), não houve diferença estatística nas produtividades do milho, nos diferentes tratamentos. Um dos motivos que podem ter influenciado este resultado pode ser o delineamento com poucos tratamentos e poucas repetições. Para trabalhos futuros sugere-se aumentar a quantidade de tratamentos como também de repetições.

Bassi (2013) observou que a inoculação, apesar de não apresentar diferenças estatísticas, como o referente estudo, proporcionou incrementos de 1,4 e 1,7% na massa de mil grãos, sugerindo que as bactérias auxiliam o desenvolvimento de plantas para tal parâmetro.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inoculação com bactérias promotoras de crescimento das espécies *B. aryabhattai* não influenciou estatisticamente na altura da planta, diâmetro de colmo, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira.

A inoculação com a dose dobrada do recomendado pela empresa promoveu 41 sacos a mais por hectare na produtividade.

Todavia, a área útil da parcela era relativamente pequena, necessitando de ampliação da área experimental para confirmação dos efeitos da inoculação.

O inoculante utilizado no presente trabalho, nas diferentes doses, apesar de apresentar sacas a mais de produtividade por hectare, pode impactar sobre o desenvolvimento da pequena propriedade rural tendo em vista que pequenos aumentos de produtividade, podem ser a diferença para estes produtores continuarem na atividade, apresentou resultados semelhantes a testemunha nos parâmetros de altura de planta, diâmetro de colmo, número de fileiras por espiga e número de grãos por fileiras. Sugere-se outros estudos, correlacionando a inoculação com associação a diferentes doses de nitrogênio.

O experimento desenvolvido necessita de novas pesquisas para aprimorar o processo de inoculação e compatibilidade entre diferentes cultivares com a bactéria em questão, visando a permanência dos mecanismos bacterianos de promoção do crescimento de plantas à nível de campo, que não foram bem aferidos nesse trabalho, por serem poucos tratamentos e poucas repetições, além de possuir área útil da parcela muito pequena.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, F. F. **Inoculação de sementes com Bacillus subtilis, formulado com farinha de ostras e desenvolvimento de milho, soja e algodão**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 32, n. 2, p.456-462, abr. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/tcQRWMBs9NnvztnZddrhjQy/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 06 dez 2023.

BALBINOT, W. G. **Inoculaçäo de Bacillus sp. na cultura do milho (Zea mays L.) como promotor de crescimento**. 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/191792/TCC_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 05 dez 2023.

BASSI, S. **Associação de Azospirillum brasiliense e de nitrogênio em cobertura na cultura do milho**. 2013. 63 f. Dissertação (Mestrado em Área de Concentração de Produção Vegetal). Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2013.
BRACCINI, A. L. et al. **Eficiência da inoculação das sementes com Azospirillum spp. na cultura do milho**. Maringá, 2010.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - **CONAB. Acompanhamento de safra brasileira de grãos: Safra 2021/22**. Sexto levantamento, Brasília, v. 9, n.6, março 2022. 1-87 p. Disponível em: < https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 23 mar. 2022.

CRUZ, C.D. **Genes Software** – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. Acta Scientiarum. v.38, n.4, p.547-552, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – **EMBRAPA,** 2015a. **Sistemas de produção Embrapa: cultivo do milho**. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7905&p_r_p_-996514994_topicoId=1309>, acesso em: 26 mar. 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – **EMBRAPA**, 2015b. **Pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/3311811/atividade-microbiana-indica-a-saude-dos-solos#:~:text=destaca%20a%20pesquisadora.-,A%20import%C3%A2ncia%20dos%20microrganismos%20do%20solo,os%20componentes%20f%C3%ADsicos%20e%20qu%C3%ADmicos>. Acesso em: 30 maio. 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – **EMBRAPA,** 2017. **Cientistas usam bactérias para ajudar plantas a resistir à seca**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias//noticia/22885691/cientistas usam-bactérias-para-ajudar-plantas-a-resistir-a-seca>, acesso em: 26 mar. 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – **EMBRAPA,** 2021. **Bactéria encontrada no mandacaru vira bioproduto que promove tolerância à seca em plantas**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-

/noticia/60941801/bacteria-encontrada-no-mandacaru-vira-bioproduto-que-promove-tolerancia-a-seca-em-plantas#:~:text=suportar%20a%20seca.-,A%20rizobact%C3%A9ria%20Bacillus%20aryabhattai%20%C3%A9%20a%20base%20de%20um%20novo,mesmo%20em%20condi%C3%A7%C3%B5es%20de%20seca>. Acesso em: 26, mar. 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas – Sire**. EMBRAPA, 2020. **O agro no brasil e no mundo: uma síntese do período de 2000 a 2020**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/62618376/O+AGRO+NO+BRASIL+E+NO+MUNDO.pdf/41e20155-5cd9-f4ad-7119-945e147396cb>. Acesso em: 26 maio. 2022.

FERREIRA, N. C. *et al*. *Bacillus subtilis* melhora a tolerância do milho à salinidade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 48, n. 8, jul. 2018.

GERÊNCIA DE PLANEJAMENTO/GPL E GERÊNCIA TÉCNICA/GET. **EMATER/RS – Ascar. Efeito da estiagem nas principais atividades agrícolas do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, n. 1, 2022. 9 p. Disponível em: <http://www.emater.tche.br/site/arquivos_pdf/safra/safraTabela_14012022.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2022.

GODOY, F. A. **Identificação de bactérias promotoras de crescimento de trigo e seu impacto na comunidade bacteriana da rizosfera**. 2020, 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros – Piracicaba, 2020.

GRAÇAS, J. P. *et al*. Microrganismos estimulantes na agricultura. A planta e o microbioma. **Serie Produtor Rural**, Piracicaba, p. 11 -13, n 59, 2015.

GUIMARÃES, P. S.; ROCHA, D. S.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z. Conteúdo de carboidrato foliar em híbridos de milho submetidos à restrição hídrica. **Evidencia**, Joaçaba, v. 19, n. 2, p. 93-112, 2019. Disponível em: <https://portalperiodicos.unoesc.edu.br/evidencia/article/view/20201>. Acesso em: 23 mar. 2022.

JUNIOR, A. F. C. *et al. Bacillus sp.* Como promotor de crescimento em soja. Rev. **Ciências Agrárias,** Tocantins, v. 44(2-3): p. 170-179, jun. 2021.

KAPPES, C. et al. **Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas**. Bragantia, p.334-343, 2011.

KUINCHTNER, A. BURIL, G. A. Clima do estado do Rio Grande do Sul, segundo a classificação climática de Koppen e Thornthwaite. **Disciplinarun Scientia**, Série, Ciências Exatas: Santa Maria, v.2, n.1, p. 171-182, 2001.

LIMA, F. F. et al. 2011. *Bacillus subtilis* e adubação nitrogenada na produtividade do milho. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 6, 657-661.

MACHADO, J. R. A. **Artigo - O excesso de chuvas e a cultura do milho**. 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/8900890/artigo--o-excesso-de-chuvas-e-a-cultura-do-milho>. Acesso em: 2 dez. 2023.

MARIANO, R. L. R. Importância de bactérias promotoras decrescimento e de biocontrole de doenças de plantas para uma agricultura sustentável. Rev. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, Recife, vol. 1, p.89-111, 2004.

MARTINS, A.G. et al. Aplicação de bioestimulantes em sementes de milho cultivado em solos de diferentes texturas. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Ramos, v. 15, n. 4, p. 440-445, 2016.

MODENA, G. **Inoculação De Pseudomonas do grupo fluorescente Como Promotor De Crescimento em milho (*Zea mays L.*)**. 2019.

MORGAN. **MG 545 Alta produtividade com tolerância ao CMV**. Disponível em: <https://www.morgansementes.com.br/produtos/mg545>. Acesso em 02 dez 2023.

NDOUNG, O. C. N.; SANTOS, M. A. **Potencial de Bacillus aryabhattai para o controle de Meloidogyne incognita na cultura do milho**. 2019. Disponível em: < file:///C:/Users/Usuario/Desktop/TCC%20RAYANE/PotencialBacillusAryabhattai%20-%20discus%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 05 dez 2023.

OLIVEIRA, C. **O que você precisa saber sobre fenologia do milho**. 2021. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/wpcontent/uploads/2021/07/fenologia-do-milho-20210727134102.pdf>. Acesso em: 26 maio. 2022.

OLIVEIRA, P. A.; GIORDANI, I.; BARETTA, C. R. D. M. **Benefícios da microbiota do solo na agricultura. Sul Brasil**, Chapecó, 14 mar. 2019. p. 1.

PFÜLLER, E. E.; FRIES, M. R. **Indicadores microbiológicos da qualidade de um solo em sistemas de cultivo convencional e direto – breve revisão**. 2000, 10 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria/UFMS – Santa Maria, 2000.

REISSER J., C. et al. **Atlas climático da região sul do Brasil: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2012.

RODRIGUES, V. do N. *et al.* **Comparação entre métodos para estimar a produtividade de grãos de milho.** 2004, 9 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras/UFLA – Lavras, 2004.

SABATO, E. O.; LANDAU, E. C.; DE OLIVEIRA, C. M. **Recomendações para o manejo de doenças do milho disseminadas por insetos-vetores**. 2014.

SANTOS, F. L. **Inoculação e coinoculação de rizobactérias promotoras de crescimento em plantas de arroz, milho e trigo**. 2018, 98 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Porto Alegre, 2018.

SANTOS, L. C. **Produção de milho sob influência de produtos atenuantes do estresse hídrico**. 2020, 43 f. Monografia (graduação) - Universidade Federal de Campina Grande – Curso de Agronomia - Pombal, 2020.

SANTOS, O. J. S. P. et al. Avaliação da arquitetura de plantas de milho inoculadas com diferentes estirpes de bactérias promotoras do crescimento vegetal. BBR – **Biochemistry and Biotechnology Reports**. Londrina, v. 2, n. 3, p. 384-387, 2013.

SILVA, S. *et al.* Irriga, Botucatu, Edição Especial – Nordeste. **Parâmetros Produtivos do Milho Sob Déficit Hídrico em Diferentes Fases Fenológicas no Semiárido Brasileiro**. **Irriga**, Alagoas, v. 1, n. 1, 2020. p. 30-41, jan. 2021.

SILVEIRA, D. C. et al. Caracterização agromorfológica de variedades de milho crioulo *(Zea mays L.)* na região noroeste do Rio Grande do Sul. Rev. **Ciência e Tecnologia**, Rio Grande do Sul, v. 1, p. 01-11, n. 1, 2015.

STRAZZI, S. Derivados do milho são usados em mais de 150 diferentes produtos industriais. A cadeia produtiva do milho. Rev. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 13, p. 146-150, jul./dez. 2015.

VALDERRAMA, R. S. **Efeito de *Bacillus* sp. no crescimento e produtividade de milho (*Zea mays* L.*)* cultivado no planalto catarinense (SC)**. 2020, 40 f. Monografia (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Ciências Rurais. Curso de Agronomia – Curitibanos, 2020.