

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA EM SANTA CRUZ DO SUL
CURSO DE ENGENHARIA DE BIOPROCESSOS E BIOTECNOLOGIA**

HELEM AMANDA KOPP

**AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE MUDAS DE TABACO (*Nicotiana tabacum*)
MEDIANTE A INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO COM *Bacillus subtilis*,
Bacillus megaterium e *Bacillus aryabhattai***

SANTA CRUZ DO SUL

2023

HELEM AMANDA KOPP

**AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE MUDAS DE TABACO (*Nicotiana tabacum*)
MEDIANTE A INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO COM *Bacillus subtilis*,
Bacillus megaterium e *Bacillus aryabhattai***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, unidade em Santa Cruz do Sul.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Marta Sandra Drescher

SANTA CRUZ DO SUL

2023

Catálogo de Publicação na Fonte

K82a Kopp, Helem Amanda.

Avaliação da produção de mudas de tabaco (*Nicotiana tabacum*) mediante a inoculação e coinoculação com *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* e *Bacillus aryabhatai*. / Helem Amanda Kopp. – Santa Cruz do Sul, 2023.

53 f. il.

Orientadora: Profa. Dra. Marta Sandra Drescher

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Bacharelado em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia, Unidade em Santa Cruz do Sul, 2023.

1. Microrganismos promotores de crescimento. 2. Inoculante. 3. Tabaco. 4. Desenvolvimento de mudas. I. Drescher, Marta Sandra. II. Título.

HELEM AMANDA KOPP

**AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE MUDAS DE TABACO (*Nicotiana tabacum*)
MEDIANTE A INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO COM *Bacillus subtilis*,
Bacillus megaterium e *Bacillus aryabhattai***

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para a
obtenção do título de bacharel em
Engenharia de Bioprocessos e
Biotecnologia na Universidade Estadual
do Rio Grande do Sul, unidade em Santa
Cruz do Sul.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Marta Sandra
Drescher

Aprovado em: / /

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Marta Sandra Drescher
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

Prof.^a Dr. Alexandro Cagliari
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

Prof.^a Dr. Alberto Eduardo Knies
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

SANTA CRUZ DO SUL

2023

Dedico este trabalho aos meus pais
Angelita Scherer Kopp e Helio Ervino
Kopp. A vocês, todo meu amor do
mundo!

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por permitir que este sonho se tornasse realidade, dando-me força e sabedoria para seguir em frente.

Em seguida, quero agradecer à minha família por seu apoio, incentivo e compreensão diante da minha ausência em ocasiões festivas.

Minha mãe, pela preocupação e pelo amparo em todos os momentos. E claro por ter me indicado o curso e assim despertar o amor pela engenharia.

Agradeço à minha orientadora Profa. Dra. Marta Sandra Drescher, que aceitou esse desafio e me apoiou durante todo o trabalho realizado.

Também quero agradecer às minhas colegas de caminhada Bruna Sulzbacher Fischer, Daniela Troian dos Santos, Marina Cunha Sieben, Fabiana de Campos Fiorucci e a Lavinia Raquel Blank pelas conversas, incentivo e por toda ajuda fornecida. Aos funcionários Eglacir da Costa Berte e Etis Onivel Kiefer, além do meu colega de trabalho Mauricio Kersting pelas conversas e pelo apoio. E claro a todos os professores que fizeram parte da minha formação compartilhando seus conhecimentos.

Agradeço a Pilzer Biotecnologia Agropecuária Ltda, pelos conhecimentos e por todo auxílio e disponibilidade para realização deste trabalho.

Sou imensamente grata à UERGS de Santa Cruz do Sul em sua totalidade, por me receber calorosamente e por proporcionar-me o melhor ao longo destes anos. Levarei o nome da UERGS em meu coração para qualquer lugar que eu vá.

Por fim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente com este trabalho e com meu crescimento pessoal e profissional.

Muito obrigada!

RESUMO

O cultivo do tabaco (*Nicotiana tabacum*) desempenha um papel significativo na região Sul do Brasil, com grande importância socioeconômica. Muitos microrganismos podem melhorar o desenvolvimento e aumentar a produtividade de culturas comercialmente importantes, com destaque para as bactérias promotoras de crescimento de plantas que promovem o crescimento vegetal por meio de mecanismos diretos e indiretos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia de promotores de crescimento à base de *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* e *Bacillus aryabhatai* no desenvolvimento de mudas de tabaco. O estudo foi composto por dez tratamentos, em delineamento blocos ao acaso com quatro repetições, caracterizados da seguinte forma: O tratamento 1 (1T) atuou como testemunha, sem a utilização de agrotóxicos, recebendo apenas adubo sintético na mesma forma e dose dos demais tratamentos. O tratamento 2 (2C) representou o manejo convencional, seguindo as diretrizes técnicas padrão da indústria do tabaco, com adubo sintético e aplicação de agrotóxicos. Nos Tratamentos 3 (3B), 4 (4M), 5 (5A) foram introduzidas apenas as bactérias específicas de cada tratamento, respectivamente, *B. aryabhatai*, *B. megaterium* e *B. subtilis*, enquanto o tratamento e 6 (6CQ), recebeu um a mistura das três bactérias. Estes quatro tratamentos (3B, 4M, 5A e 6CQ) receberam além das bactérias apenas adubo sintético sem nenhum agrotóxico. Nos tratamentos 7 (7BC), 8 (8MC), 9 (9AC) foram introduzidas as bactérias específicas de cada tratamento, respectivamente, *B. aryabhatai*, *B. megaterium* e *B. subtilis*, enquanto o tratamento 10 (10CQC), recebeu um a mistura das três bactérias. Entretanto, além das bactérias e adubo sintético, foram aplicados os mesmos agrotóxicos utilizados no sistema convencional de produção. A aplicação do inoculante foi realizada com 5 ml por bandeja. Como resultado deste estudo pode-se concluir que as bactérias promovem ou contribuem para o crescimento das mudas de tabaco, abrangendo altura da planta, comprimento radicular, massa seca e verde tanto da parte aérea como radicular. Os tratamentos 3B, 4M, 5A e 6CQ que receberam além das bactérias apenas adubo sintético sem nenhum agrotóxico não diferiram dos tratamentos com manejo convencional (2C, 7BC, 8MC, 9AC e 10CQC) o que sugere sua contribuição para uma agricultura mais sustentável.

Palavras-chave: *Nicotiana tabacum*. Inoculante. Microrganismos promotores de crescimento.

ABSTRACT

Tobacco (*Nicotiana tabacum*) cultivation plays a significant role in the southern region of Brazil, with great socioeconomic importance. Many microorganisms can improve the development and increase the productivity of commercially important crops, with emphasis on plant growth-promoting bacteria that promote plant growth through direct and indirect mechanisms. The objective of this work was to evaluate the effectiveness of growth promoters based on *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* and *Bacillus aryabhattai* in the development of tobacco seedlings. The study consisted of ten treatments, in a randomized block design with four replications, characterized as follows: Treatment 1 (1T) acted as a control, without the use of pesticides, receiving only synthetic fertilizer in the same form and dose as the other treatments. . Treatment 2 (2C) represented conventional management, following the standard technical guidelines of the tobacco industry, with synthetic fertilizer and pesticide application. In Treatments 3 (3B), 4 (4M), 5 (5A) only the bacteria specific to each treatment were introduced, respectively, *B. aryabhattai*, *B. megaterium* and *B. subtilis*, while treatment 6 (6CQ) received a mixture of the three bacteria. These four treatments (3B, 4M, 5A and 6CQ) received, in addition to the bacteria, only synthetic fertilizer without any pesticides. In treatments 7 (7BC), 8 (8MC), 9 (9AC) specific bacteria from each treatment were introduced, respectively, *B. aryabhattai*, *B. megaterium* and *B. subtilis*, while treatment 10 (10CQC) received a mixture of the three bacteria. However, in addition to bacteria and synthetic fertilizer, the same pesticides used in the conventional production system were applied. The inoculant was applied with 5 ml per tray. As a result of this study, it can be concluded that bacteria promote or contribute to the growth of tobacco seedlings, covering plant height, root length, dry and green mass of both the aerial and root parts. Treatments 3B, 4M, 5A and 6CQ, which received, in addition to bacteria, only synthetic fertilizer without any pesticides, did not differ from treatments with conventional management (2C, 7BC, 8MC, 9AC and 10CQC), which suggests their contribution to more sustainable agriculture.

Keywords: *Nicotiana tabacum*. Inoculant. Growth-promoting microorganisms

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1-** Semente de fumo peletizada (à esquerda) e nua (à direita). 11
- Figura 2-** Semeadura de sementes de tabaco peletizadas com A) Bandeja marcadora, B) Bandeja semeadora, e C) Sementes peletizadas de tabaco no centro de cada célula. 11
- Figura 3-** Realização do processo de poda de mudas de tabaco sendo A) Bandeja de mudas antes da poda, B) Bandeja de mudas após a poda, e C) Canteiro com mudas podadas e não podadas. 13
- Figura 4-** Sistema floating de produção de mudas de tabaco. 14
- Figura 5 -** Descrição gráfica do processo de formação de endósporos em uma célula de bactéria *B. subtilis* em condições nutricionais limitantes..... 19
- Figura 6-** Simulação de sistema float de produção de mudas de tabaco 22
- Figura 7-** Croqui da área experimental com distribuição dos blocos e tratamentos. 24
- Figura 8-** Processo de condução do experimento para aplicação dos tratamentos. 25
- Figura 9-** Parte aérea fresca (A) e parte radicular fresca (B) de mudas de tabaco. 26
- Figura 10-** Incidência Mancha Aureolada (*Rhizoctonia solani*) nas mudas de tabaco do experimento 34
- Figura 11-** Desenvolvimento das mudas de tabaco antes da realização da primeira poda nos dez tratamentos: 1T (A), 2C (B), 3B (C), 4M (D), 5A (E), 6CQ (F), 7BC (G), 8MC (H), 9AC (I) e 10CQC (J). 38
- Figura 12-** Desenvolvimento das mudas de tabaco antes da realização da última análise (Poda 3) nos dez tratamentos: 1T (A), 2C (B), 3B (C), 4M (D), 5A (E), 6CQ (F), 7BC (G), 8MC (H), 9AC (I) e 10CQC (J)..... 38

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1-** Altura de planta (cm) em mudas de tabaco submetidas a três podas (Poda 1, 2 e 3). Médias seguidas pela mesma letra minúscula em cada poda não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de erro. 27
- Gráfico 2-** Massa fresca da parte aérea (g) em mudas de tabaco, submetidas a três podas (Poda 1, 2 e 3). As médias dos tratamentos em cada poda não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de erro. 28
- Gráfico 3-** Massa Seca da Parte Aérea (g) de raízes de mudas de tabaco, submetidas a três podas (Poda 1, 2 e 3). As médias dos tratamentos em cada poda não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de erro. 29
- Gráfico 4-** Comprimento do sistema radicular (cm) de raízes de mudas de tabaco, submetidas a três podas (Poda 1, 2 e 3). As médias dos tratamentos em cada poda não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de erro. 30
- Gráfico 5-** Massa Verde das Raízes (g) de raízes de mudas de tabaco, submetidas a três podas (Poda 1, 2 e 3). As médias dos tratamentos em cada poda não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de erro. 32
- Gráfico 6-** Massa Seca das Raízes (g) de raízes de mudas de tabaco, submetidas a três podas (Poda 1, 2 e 3). As médias dos tratamentos em cada poda não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de erro. 33
- Gráfico 7-** Temperatura média mensal ocorrido no período de junho a outubro de 2023 na cidade de Santa Cruz do Sul..... 35
- Gráfico 8-** Volume de precipitação pluvial mensal no período de junho a outubro de 2023 na cidade de Santa Cruz do Sul..... 35
- Gráfico 9-** Radiação solar mensal (W/m^2) no período de junho a outubro de 2023 na cidade de Santa Cruz do Sul..... 36
- Gráfico 10-** Temperaturas médias diárias correspondentes aos dias do mês de junho de 2023 na cidade de Santa Cruz do Sul. 37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AFUBRA - Associação dos Fumicultores do Brasil

BPCP - Bactérias promotoras de crescimento de plantas

GRAS - Generally Regarded as Safe

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MFPA - Massa fresca de parte aérea

MFR - Massa fresca radicular

MSPA - Massa seca de parte aérea

MSR - Massa seca radicular

SIPT - Sistema Integrado de Produção de Tabaco

UFC - Unidades formadoras de colônias

VRP-Vale do Rio Pardo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
1.1 JUSTIFICATIVA	7
1.2 OBJETIVO GERAL.....	7
1.2.1 Objetivos específicos	7
2 REFERENCIAL TEÓRICO	8
2.1 HISTÓRIA DO TABACO.....	8
2.2 IMPORTÂNCIA DO CULTIVO DO TABACO NO SUL DO BRASIL	9
2.3 TABACO VIRGÍNIA	10
2.4 DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE TABACO (<i>Nicotiana Tabacum L.</i>)	10
2.4.1 Substrato	13
2.4.2 Desenvolvimento das mudas no sistema “floating”	14
2.5 SUSTENTABILIDADE.....	15
2.6 INOCULAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTAS .	16
2.6.1 <i>Bacillus subtilis</i>	17
2.6.2 <i>Bacillus megaterium</i>	19
2.6.3 <i>Bacillus aryabhattai</i>	20
3 METODOLOGIA	22
3.1 LOCALIZAÇÃO E CONDIÇÃO DO EXPERIMENTO	22
3.2 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1 DESENVOLVIMENTO DA PARTE AÉREA EM MUDAS DE TABACO	27
4.2 DESENVOLVIMENTO DA PARTE RADICULAR EM MUDAS DE TABACO	30
4.3 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E FITOSSANITÁRIAS ENFRENTADAS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE TABACO	34
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

O cultivo do tabaco (*Nicotiana tabacum*) desempenha um papel de grande importância socioeconômica na região Sul do Brasil. Durante a safra 2020/2021, essa cultura abrangeu 490 municípios nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, ocupando uma extensão de 254 mil hectares e envolvendo 138 mil produtores que fazem parte do sistema integrado. Os números impressionam, com quase meio milhão de pessoas engajadas nessa atividade que gera uma receita bruta anual substancial, estimada em R\$ 6,6 bilhões, conforme dados da Associação dos Fumicultores do Brasil (AFUBRA, 2022).

No Rio Grande do Sul, especificamente, 192 municípios dedicam-se a essa cultura, com a participação de 65 mil produtores. O Vale do Rio Pardo, situado na Depressão Central, desponta como a principal região produtora de tabaco no estado, respondendo por cerca de 40% da produção total. Municípios como Venâncio Aires, Candelária e Santa Cruz do Sul destacam-se como os principais polos de produção na região. Além disso, a produção de tabaco também desempenha um papel crucial na região Centro-Sul, com Camaquã se destacando, e na região sul, onde Canguçu é o maior produtor, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010).

Esse cenário reforça a importância da produção de tabaco não apenas para a economia regional, mas também para o estado como um todo. Em comparação com outras atividades agrícolas de destaque no cenário nacional, o cultivo do tabaco se destaca por sua capacidade de gerar renda substancial em áreas relativamente pequenas, principalmente em unidades de produção ligadas à agricultura familiar. Para sustentar essa cadeia produtiva, é empregado o Sistema Integrado de Produção de Tabaco (SIPT), no qual as empresas integradoras fornecem aos produtores um pacote que inclui crédito, sementes, agrotóxicos, orientação técnica e a garantia de compra da safra (COTRIM *et al.*, 2016).

Ao longo das últimas décadas, várias inovações tecnológicas têm sido propostas com o objetivo de tornar os sistemas de produção mais sustentáveis, reduzindo significativamente a dependência de produtos químicos. E uma abordagem promissora e eficaz nesse sentido é a utilização de inoculantes (ROUPHAEL *et al.*, 2015), que representam uma estratégia inovadora para impulsionar a produtividade agrícola de maneira sustentável, reduzindo a

dependência de insumos químicos. Além de culminar em um produto final com menor concentração de substâncias tóxicas em comparação com o produto convencional, há também uma clara redução na exposição dos produtores a produtos químicos tóxicos. Porém para a cultura do tabaco não há muitos estudos voltados para tecnologias de utilização de inoculantes.

Entretanto, para diversas culturas já se sabe que as bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) desempenham um papel significativo no aumento do rendimento (KLOEPPER *et al.*, 1989). Sua influência ocorre tanto de forma direta quanto indireta. Os mecanismos diretos incluem a solubilização de nutrientes, a fixação biológica de nitrogênio e a produção de fitormônios, enquanto os mecanismos indiretos abrangem o controle biológico de fitopatógenos (biocontrole) (BACKER *et al.*, 2018). Além disso, as BPCP também atuam na supressão de doenças, na oxidação do enxofre, no aumento da permeabilidade das raízes e na produção de sideróforos (CATTELAN, 1999; MARIANO e KLOEPPER, 2000). Essas ações combinadas das BPCP têm um impacto positivo na produção agrícola, melhorando o crescimento das plantas de forma abrangente.

O gênero *Bacillus* é notável por sua vasta diversidade, incluindo 191 espécies principais e quatro subespécies, e é amplamente distribuído na natureza, sendo encontrado de forma natural no ar, no solo e na água. Inúmeros estudos têm confirmado seu potencial tanto como promotor de crescimento quanto no controle biológico, como evidenciado por pesquisas anteriores (MARULANDA *et al.*, 2009; HARTHMANN *et al.*, 2010; MELO, 2015). Esta bactéria é caracterizada por ser gram-positiva, aeróbica e capaz de formar esporos.

Saharan e Nehra (2011) descreveram uma série de benefícios que as espécies de *Bacillus* proporcionam às culturas, dentre eles a melhoria de diferentes parâmetros de raiz como enraizamento, comprimento de raízes e teor de matéria seca. As bactérias do gênero *Bacillus* apresentam como principais vantagens resistência à dessecação, por produzirem endósporo de resistência, possuem capacidade de sobrevivência quando formuladas com polímeros e inertes, além de apresentarem mecanismos antagônicos (LANNA-FILHO, 2010; MELO, 2015).

Baseado nesses mecanismos e efeitos que os *Bacillus* podem proporcionar às plantas, o seu uso na produção de mudas se apresenta como uma tecnologia com grande potencial para obtenção de mudas de qualidade que podem agregar em características produtivas no campo.

1.1 JUSTIFICATIVA

O curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia tem como parte integrante de seu Projeto Pedagógico de Curso o estudo aplicado para a área da agricultura, algo que despertou meu interesse, especialmente no que tange a tecnologias de bioinsumos. A partir do estágio realizado na Pilzer Biotecnologia Agropecuária LTDA e com minha experiência e de minha família na cultura do tabaco, uma das principais culturas da região do Vale do Rio Pardo, apresentou-se como uma grande oportunidade pesquisar estratégias de utilização de bioinsumos em uma das etapas de produção da cultura do tabaco, visando a obtenção de mudas de melhor qualidade e sanidade que possibilitem incrementar a produtividade do tabaco.

1.2 OBJETIVO GERAL

Avaliar o potencial de utilização de promotores de crescimento a base de *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* e *Bacillus aryabhattai* no desenvolvimento de mudas de tabaco.

1.2.1 Objetivos específicos

- Avaliar o efeito da inoculação de sementes de tabaco com *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* e *Bacillus aryabhattai* e o efeito da coinoculação com um “coquetel” das três bactérias no desenvolvimento das mudas de tabaco.
- Determinar o efeito da utilização das bactérias sobre o tempo de emergência, comprimento da raiz e comprimento de parte aérea, produção Massa Fresca de Parte Aérea (MFPA), Massa Seca de Parte Aérea (MSPA), Massa Fresca Radicular (MFR) e Massa Seca Radicular (MSR).
- Realizar um comparativo do efeito da utilização dos inoculantes a base de *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* e *Bacillus aryabhattai* no desenvolvimento de mudas de tabaco em comparação ao sistema tradicional de produção.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 HISTÓRIA DO TABACO

Historiadores afirmam que a origem do tabaco é americana, sendo cultivado pelos indígenas nas regiões da América do Sul e do Norte. Acredita-se que a planta tenha surgido nos Andes Bolivianos e se difundido no Brasil por meio das migrações indígenas, especialmente pelos Tupi-Guarani. A princípio no século XVI, as tribos indígenas brasileiras cultivavam tabaco em grande parte do território. Para eles, essa planta possuía propriedades medicinais, sendo utilizada no tratamento de enxaquecas, dores de estômago e cicatrização de ferimentos (SINDITABACO, 2021).

Os europeus tiveram seu primeiro contato com o tabaco em 1492, quando Cristóvão Colombo chegou à América. De acordo com registros históricos, em novembro daquele ano, os europeus foram introduzidos ao hábito indígena de fumar (SOUZA CRUZ, 2018). Em 1559, mudas da planta foram levadas para a Espanha por um médico espanhol e, posteriormente, para Portugal. No ano de 1560, Jean Nicot plantou o tabaco no quintal de sua embaixada, utilizando as folhas em forma de rapé para aliviar dores de cabeça. Foi ele quem deu à substância o nome de nicotina. Nos anos seguintes, o tabaco chegou à Itália e, em 1585, à Inglaterra. Na metade do século XVII, o hábito de fumar se disseminou pela Europa e, conseqüentemente, pelo mundo. Surgiram diversos locais que ofereciam tabaco, tornando o hábito de fumar tão comum quanto o café hoje (PORTAL DA EDUCAÇÃO, 2018).

Dentro de um único século, o tabaco conseguiu alcançar reconhecimento e uso global, expandindo-se por duas vias distintas: a primeira, através dos marinheiros e soldados, uma vez que o tabaco servia como um passatempo agradável durante as longas jornadas marítimas; a segunda, durante as expedições portuguesas que introduziram a planta em Portugal e França, propagando-a para diversos países europeus, além de regiões da África e do Oriente (SINDITABACO, 2018).

De acordo com Silveira (2013), foi nos primeiros anos da década de 70 que a presença das empresas no mercado internacional de tabaco se intensificou, com vendas para companhias norte-americanas, alemãs e francesas que começaram a se estabelecer na região. Nesse período, o processo de agroindustrialização do

tabaco ganhou força, com o aumento do cultivo, modernização do processamento e expansão das exportações de tabaco em folha. Esses desenvolvimentos deram origem ao sistema integrado de produção, no qual as relações econômicas e sociais entre agricultores, produtores de fumo e empresas foram definidas e regulamentadas.

2.2 IMPORTÂNCIA DO CULTIVO DO TABACO NO SUL DO BRASIL

No momento atual, o setor agrícola brasileiro está experimentando um notável crescimento, com destaque para a produção de tabaco, que desfruta de significativa importância, especialmente na região Sul do país. Este setor é caracterizado por um grande número de empresas que desempenham um papel fundamental na geração de empregos, renda e na contribuição para a arrecadação de impostos no Sul do Brasil (SINDITABACO, 2021).

Conforme Zimmermann (2009), a maior produção de fumo em folhas no Brasil está concentrada no Estado do Rio Grande do Sul (RS). A região do Vale do Rio Pardo (VRP) abriga a maior parte dessa produção, fazendo com que o Rio Grande do Sul responda por cerca de 50% da produção total dos três estados sulistas. Assim como nos estados do Paraná e de Santa Catarina, a cultura do tabaco no RS é predominantemente conduzida em pequenas propriedades, com base na agricultura familiar.

Dentro do VRP, se destacam três dos cinco maiores municípios produtores do Estado: Venâncio Aires, Candelária e Santa Cruz do Sul. Aproximadamente 39,2% de toda a produção de tabaco no RS tem origem nessa região, que também abriga o complexo industrial responsável pelo processamento e beneficiamento desse tabaco. Além disso, outras duas regiões também contribuem significativamente para a produção, com destaque para o município de Camaquã, na região Centro-Sul, e o município de Canguçu, na região Sul (ZIMMERMANN, 2009).

A região do VRP, é caracterizada pela predominância de propriedades rurais de dimensões reduzidas, com uma média de 10 hectares de terra, aproximadamente. Nesse contexto, a principal fonte de renda para a maioria dos agricultores é o cultivo de tabaco, o qual corresponde a aproximadamente 73% de

sua receita total, sendo o restante proveniente da produção de alimentos (RUDNICK; WAQUIL, 2012).

2.3 TABACO VIRGÍNIA

O tabaco Virgínia é amplamente reconhecido como o mais popular e amplamente utilizado na indústria do tabaco. Sua origem remonta à América do Sul, com evidências de seu cultivo datando de cerca de 500 a.C. No entanto, ele ganhou seu nome oficial graças ao explorador britânico Walter Reigh, que batizou uma vasta região nos Estados Unidos como Virginia. Atualmente, o tabaco Virginia é cultivado em mais de 70 países ao redor do mundo, desempenhando um papel significativo na produção global de tabaco, sendo responsável por quase 80% da produção total, e é a variedade mais comum nas lavouras brasileiras (LANDEWYCK, 2022).

A colheita do tabaco Virginia requer a cuidadosa colheita manual de cada folha. Para alcançar o ponto ideal de cura, o tabaco Virginia passa por um processo de secagem artificial em estufas especialmente projetadas, onde é mantido por um período de cinco a sete dias (PROFIGEN, 2021).

Os cultivares, ou variedades de sementes, de tabaco Virginia apresentam semelhanças e diferenças, influenciadas pelas características de solo e região de produção. Cada variedade pode se destacar em termos de produção e qualidade, com ciclos que variam de longos a intermediários (CAROLINA SOIL, 2021).

2.4 DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE TABACO (*Nicotiana Tabacum L.*)

O tabaco, cientificamente denominado de *Nicotiana tabacum L.*, pertence à família Solanaceae (SOARES, et al. 2008). Diferentemente da maioria das espécies agrícolas cultivadas em larga escala, o tabaco necessita da produção de mudas, com posterior transplante ao campo. As sementes de tabaco são muito pequenas e um grama apresenta de 9 a 11 mil sementes (GADOTTI *et al.*, 2012). Dessa forma, para facilitar a semeadura, é realizado o processo de peletização das sementes (Figura 1).

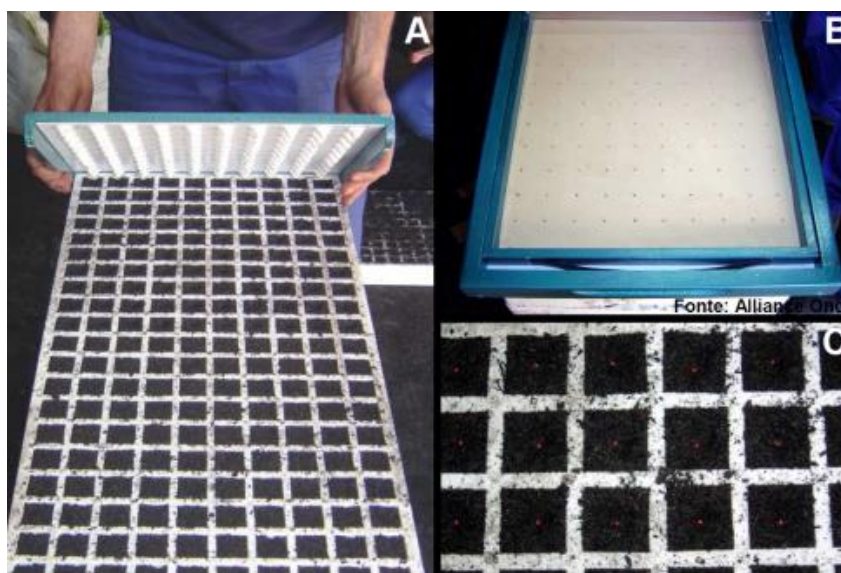
Figura 1- Semente de fumo peletizada (à esquerda) e nua (à direita).



Fonte: Tomás (2015).

No método de semeadura com sementes peletizadas (Figura 2), o substrato é preparado previamente com uma bandeja marcadora que cria pequenas concavidades no centro de cada célula da bandeja de isopor. Essas concavidades servem como locais de plantio para as sementes, assegurando que fiquem centralizadas em cada célula. Em seguida, a semeadura é realizada usando uma bandeja semeadora, que acomoda uma única semente em cada célula da bandeja (KOTHE, 2009). As sementes não são posteriormente cobertas com substrato.

Figura 2- Semeadura de sementes de tabaco peletizadas com A) Bandeja marcadora, B) Bandeja semeadora, e C) Sementes peletizadas de tabaco no centro de cada célula.



Fonte: Kothe (2009).

Para que a semente de tabaco inicie o processo de germinação, é necessário que o substrato ofereça as condições ideais de umidade, oxigênio e temperatura. A temperatura desempenha um papel significativo no tempo que leva para as plântulas emergirem. Em condições de temperatura próximas a 20°C, as plântulas geralmente emergem em um período de 12 a 15 dias. No entanto, temperaturas mais baixas do que 20°C podem prolongar esse período (PEEK *et al.*, 2008; REED *et al.*, 2012). Por se tratar de uma planta do grupo botânico conhecido como eudicotiledôneas, a emergência das plântulas é caracterizada como epígea, o que significa que os cotilédones se elevam acima da superfície do substrato, seguidos pelo desenvolvimento das folhas. O crescimento da parte aérea ocorre a partir do meristema apical.

Após a emergência das plântulas deve-se fazer a repicagem nas células em que ocorreram falhas. A repicagem é feita quando as mudas apresentam os dois cotilédones mais uma ou duas folhas. É importante a colocação de mudas de mesmo tamanho nas bandejas para maior uniformidade destas. À medida que as mudas se desenvolvem no canteiro é necessária a realização da poda quando as plantas mais adiantadas atingem cerca de 4 a 5 cm. O corte deve ser feito no mínimo 1 cm acima do meristema apical. É importante efetuar no mínimo três podas para ter mudas mais uniformes, com caule mais grosso e um sistema radicular mais desenvolvido.

A poda é feita com um equipamento em que se acomoda a bandeja de acordo com a altura de poda desejada e com um fio de nylon preso nas extremidades por borrachas, fazendo-se o corte pela ação do fio. Os restos de folhas podadas devem ser retirados das bandejas, para evitar a incidência e a disseminação de doenças nas mudas (OLIVEIRA, 2010).

Figura 3- Realização do processo de poda de mudas de tabaco sendo A) Bandeja de mudas antes da poda, B) Bandeja de mudas após a poda, e C) Canteiro com mudas podadas e não podadas.



Fonte: Bredemeier (2007) (A e B) e Oliveira (2010) (C).

As mudas estão prontas para transplante à lavoura quando apresentam de 4 a 6 folhas, com 10 a 15 cm de estatura. Em média 60 dias após o plantio de sementes, as mudas atingem o ponto ideal para serem transplantadas para a lavoura (SOUZA CRUZ, 2010). Mudas bem desenvolvidas e uniformes são essenciais para uma boa produtividade da lavoura.

2.4.1 Substrato

Para garantir a produção de mudas de alta qualidade, é essencial utilizar substratos com características físicas, químicas, biológicas e sanitárias adequadas (MENDES *et al.*, 2012). Alguns dos atributos desejáveis em um substrato incluem custo acessível, disponibilidade, conteúdo apropriado de nutrientes com boa capacidade de troca de cátions, ausência de organismos prejudiciais, boa aeração, retenção adequada de umidade, aderência eficaz às raízes e uniformidade (GONÇALVES, 1995). De acordo com Smiderle (2000), um substrato de qualidade é aquele que mantém a quantidade certa de água para a germinação e permite que as plântulas germinem, ao mesmo tempo em que permanece livre de organismos que poderiam causar doenças. A qualidade física do substrato desempenha um papel crucial, especialmente nas fases iniciais de crescimento, quando as plantas são altamente vulneráveis a infecções por microrganismos e têm baixa tolerância à falta de água (CUNHA *et al.*, 2006).

Neste momento a escolha de substratos comerciais de boa qualidade é importante para garantir a boa germinação das sementes (PROFIGEN, 2020).

Atualmente, são disponibilizados no mercado diversos substratos para produção de mudas, entre eles, vermiculita, húmus de minhoca, esterco curtido (aves, bovino, caprino e ovino), fibra de coco, composto comercial, etc.

2.4.2 Desenvolvimento das mudas no sistema “floating”

O sistema de cultivo floating é uma técnica de hidroponia na qual as mudas são cultivadas em bandejas de isopor multicélulas que flutuam sobre uma solução nutritiva presente em um leito ou "piscina" (Figura 4). Este método foi desenvolvido como uma alternativa aos canteiros de solo, nos quais produtos químicos eram anteriormente necessários para desinfetar e esterilizar o solo, a fim de garantir o estabelecimento e crescimento saudável das mudas (THOMAS; BREDEMEIER, 2016).

Figura 4- Sistema floating de produção de mudas de tabaco.



Fonte: Fumicultores do Brasil (2020).

Na água da “piscina”, são misturados pesticidas, fungicidas e fertilizantes, formando uma solução química concentrada, com o objetivo de reduzir a necessidade de agrotóxicos na produção de mudas mais resistentes (HEEMANN, 2009). Para implementar esse sistema, é necessário criar uma estrutura de madeira ou tijolos com uma altura de 10 a 20 centímetros, coberta por uma lona plástica para criar a "piscina", e outra lona plástica sustentada por arcos para formar o túnel. Dentro do túnel, as bandejas, que contém o substrato e as sementes, flutuam na água. As dimensões da piscina e o número de bandejas são determinados com base na quantidade de mudas desejada para cada túnel (PROFIGEN, 2020).

Esse sistema proporciona ambiente protegido do frio, garantindo as melhores condições para germinação das sementes e desenvolvimento das mudas (PEEK *et al.*, 2008; REED *et al.*, 2012).

2.5 SUSTENTABILIDADE

A palavra "sustentável" tem origem no latim *sustentare*, que significa sustentar, defender, favorecer, apoiar e conservar. Na prática, ela refere-se ao uso consciente dos recursos, visando satisfazer as necessidades das gerações atuais sem comprometer as possibilidades futuras. Isso implica em permitir que as gerações futuras também desfrutem dos recursos naturais (VOLMER; REDIN, 2018).

Para compreender o sistema agrícola, é crucial observar todo o ambiente envolvido, uma vez que, como afirmado por Altieri (2000), "*a agricultura é afetada pela evolução dos sistemas socioeconômicos e naturais*". Segundo Cavalcanti (1998), a sustentabilidade significa a "*possibilidade de se obterem continuamente condições iguais ou superiores de vida para um grupo de pessoas e seus sucessores em dado ecossistema*".

A sustentabilidade também pode ser entendida como uma abordagem de produção que respeita e cuida do meio ambiente no qual está inserida. Isso envolve a proteção de fontes de água, florestas e outras partes do ecossistema, assegurando que as gerações futuras possam desfrutar de um ambiente preservado. O conceito de sustentabilidade é abrangente, pois aborda variáveis interdependentes, integrando questões sociais, energéticas, econômicas e ambientais em um sistema coeso (VOLMER; REDIN, 2018).

No setor tabagista, a consideração pela sustentabilidade assume um papel crucial e desafiador. A tradição nesse setor é marcada pela constante atenção à gestão ambiental e responsabilidade social. Dentre as iniciativas primordiais, destacam-se o reflorestamento, a preservação da Mata Atlântica e das microbacias. A significativa redução do uso de defensivos agrícolas, juntamente com a devida coleta e descarte apropriado de suas embalagens, também é um aspecto de grande relevância (FOLHA DO MATE, 2021).

Um ponto crucial para a preservação ambiental é o Programa de Recebimento de Embalagens, estabelecido em 2000. Desenvolvido pelo SindiTabaco e suas empresas associadas, com o respaldo da Associação dos Fumicultores do Brasil (Afubra), o programa visa salvaguardar o meio ambiente, prevenindo o descarte inadequado de embalagens vazias de defensivos agrícolas. Isso não apenas protege a saúde e segurança das famílias produtoras, mas também contribui para o bem-estar da sociedade em geral (SINDITABACO, 2020).

Até o momento, a opção de agentes biológicos disponíveis para a cultura do tabaco inclui um bioproduto composto pelo *Trichogramma pretiosum* (AFUBRA, 2023).

Na fase de produção de mudas, os fumicultores têm adotado amplamente o ácaro predador *Stratiolaelaps scimitus*, um organismo que foi introduzido pela primeira vez na cultura do tabaco aproximadamente oito anos atrás. Atualmente, mais de 5 mil fumicultores nas principais regiões produtoras do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná utilizam esse predador. Além disso, pesquisas em andamento exploram o potencial do fungo *Beauveria bassiana* para controlar ácaros e a pulga do fumo, uma praga-chave que afeta a produção de tabaco em campo (POLETTI, 2023).

2.6 INOCULAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTAS

Um grupo particular de microrganismos, denominados bactérias promotoras de crescimento de plantas, influenciam positivamente o crescimento das plantas, e representam soluções sustentáveis promissoras para aumentar a produção de biomassa vegetal (THIJS; VANGRONSVELD, 2015; LINDEMANN *et al.*, 2016; UMESHA *et al.*, 2018; LIU *et al.*, 2020). Essas bactérias, possibilitam aumento da disponibilidade de nutrientes para as plantas pela solubilização de fosfato inorgânico proporcionando o crescimento das raízes, absorção de água e outros nutrientes (ZAIDI; KHAN, 2006)

Os inoculantes são substâncias que contêm microrganismos viáveis que favorecem o desenvolvimento vegetal, a maioria é constituídos por bactérias que realizam a fixação biológica de nitrogênio (MAPA, 1981; VIVANCO-CALIXTO *et al.*, 2016). Os inoculantes líquidos são os mais utilizados atualmente em comparação com o inoculante turfoso, devido a facilidade de aplicação, pois a maioria dos maquinários agrícolas está adaptada ao uso de insumos líquidos a qual é realizada através da pulverização sobre as sementes antes destas irem para a lavoura ou no sulco durante o plantio. O líquido presente geralmente é composto por alguma solução inerte que deve garantir a concentração celular mínima exigida, a qual é indicada por lei, de 1×10^9 unidades formadoras de

colônias (UFC) viáveis por mililitro até seis meses após a sua fabricação (BRASIL, 2011).

Vários estudos relatam os benefícios dos microrganismos para os vegetais tais como: supressão de doenças (LIU *et al.*, 2018; SHARMA *et al.*, 2018), aumento da absorção de nutrientes (VAN DER HEIJDEN *et al.*, 2016; SHUKLA *et al.*, 2018), promoção de crescimento (VERMA *et al.*, 2018) e indução de resistência sistêmica (SHARMA *et al.*, 2018).

2.6.1 *Bacillus subtilis*

O *Bacillus subtilis* é uma bactéria gram positiva aeróbia apresentando um formato de bastonete, este é comumente encontrado no solo em associação com as raízes das plantas. O mesmo foi descoberto em 1872 pelo botânico e microbiologista alemão Ferdinand Julius Cohn.

A bactéria também recebeu o status GRAS (generally regarded as safe) pela agência Food and Drug Administration, do Departamento Executivo Federal de Saúde e Serviços Humanos dos Estados Unidos, sendo considerado um organismo não patogênico.

O gênero *Bacillus*, ao qual *B. subtilis* pertence, é encontrado em um grupo de bactérias conhecidas como rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (PGPR). E existem diversos mecanismos que fazem com que isso aconteça e que podem ser divididos em mecanismos diretos e indiretos.

Os mecanismos diretos envolvem, entre outras coisas, a fixação e solubilização de nutrientes importantes para que as plantas se desenvolvam. Já os mecanismos indiretos estão mais relacionados à produção de substâncias que ajudam no combate a patógenos nocivos, de enzimas e outras substâncias que ajudam nos processos biometabólicos das plantas. Diversas pesquisas já evidenciaram que o *B. subtilis* é capaz de manter uma relação estável com diversas espécies de plantas e favorecer alguns aspectos, como o aumento do índice de clorofila (COSTA *et al.*, 2019).

Em um estudo sobre o efeito de bioestimulantes em sementes de hortaliças, especificamente submetidas a testes de germinação e vigor, foram realizadas inoculações de *B. subtilis* em sementes de tomate (*Solanum lycopersicum L.*). Os resultados evidenciaram que o acúmulo de massa seca nas plântulas de tomate foi significativamente influenciado pelo tratamento com essa bactéria. As análises

revelaram um aumento de 22,79% no rendimento de massa seca das plântulas provenientes de sementes inoculadas com *B. subtilis* em comparação com o grupo controle. Os pesquisadores concluíram que as plântulas originárias de sementes inoculadas com essa espécie bacteriana podem adquirir maior resistência e capacidade de sobrevivência em condições ambientais adversas (ROMAGNA *et al.*, 2019).

Canbolat *et al.* (2006) identificaram, em suas pesquisas, que a inoculação de *B. subtilis* nas sementes de milho e algodão resultou em um aumento significativo na disponibilidade de nutrientes, o que, por sua vez, promoveu um crescimento mais vigoroso das plantas. Esses achados também foram corroborados em estudos anteriores, conduzidos com trigo e cevada, nos quais as estirpes de *Bacillus* empregadas demonstraram potencial para estimular o desenvolvimento das plantas.

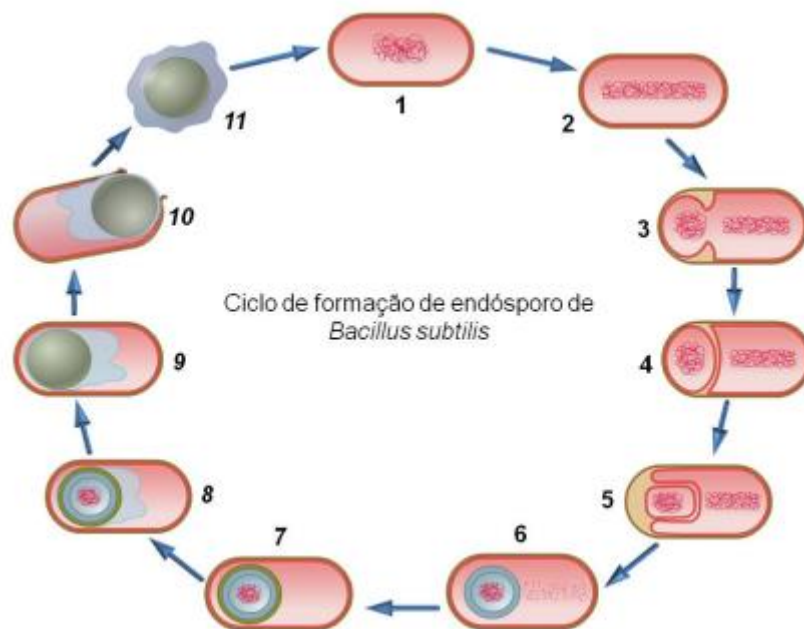
As linhagens de *B. subtilis* se destacam dentre as espécies do gênero *Bacillus*, por serem as mais amplamente utilizadas como promotoras de crescimento devido a sua capacidade de reduzir doenças pela produção de antibióticos quando aplicadas em sementes (BATISTA, 2012).

Para produção de bactérias antagonicas, como *B. subtilis*, de modo geral agem significativamente por antibiose e, ocasionalmente, por parasitismo e competição. Isolados de *B. subtilis* produzem uma grande variedade de metabólitos antifúngicos, entre os quais se encontram lipopeptídeos das famílias da surfactina, iturina e fengicina (LANNA FILHO; FERRO; PINHO, 2010).

Em geral, condições adversas, como variações significativas nos parâmetros físico-químicos do ambiente circundante (como temperatura, osmolaridade ou disponibilidade de fontes de carbono), induzem a célula bacteriana a entrar em estados como letargia, crescimento lento ou fase estacionária. Nessas situações, as células iniciam respostas adaptativas que incluem o desenvolvimento de motilidade, competência para a transformação genética por DNA exógeno, além da produção de antibióticos ou enzimas degradativas extracelulares (STRAGIER; LOSICK, 1996). Em face da escassez de nutrientes, as células ativam mecanismos sensoriais que as orientam para a formação de endósporos (Figura 9), resultando na suspensão do ciclo de crescimento e divisão celular seguindo a sequência 1) Célula em condições normais; 2) Condensação e alinhamento do DNA no centro da célula; 3) Invaginação celular e início da divisão do DNA em dois componentes; 4) Separação do DNA em dois componentes e formação do pré-endósporo; 5)

Crescimento da porção maior da célula englobando o pré-endósporo; 6) Envolvimento do pré-endósporo por duas camadas de membrana e degradação do DNA; 7) Formação externa de um revestimento protéico e maturação do endósporo; 8) Formação de uma camada adicional denominada de exospórica; 9) Endósporo maduro, resistente às condições ambientais; 10) Destruição da célula bacteriana por enzimas líticas e liberação do endósporo; 11) Endósporo maduro.

Figura 5 - Descrição gráfica do processo de formação de endósporos em uma célula de bactéria *B. subtilis* em condições nutricionais limitantes



Fonte: FILHO et, al. (2010).

Os endósporos são notavelmente resistentes a agressões externas, podendo permanecer íntegros por períodos de milhões de anos (CANO *et al.*, 1995). Esse processo é de extrema importância para a sobrevivência das populações de *B. subtilis* quando confrontadas com condições ambientais adversas (STRAGIER e LOSICK, 1996; HENRIQUES *et al.*, 2000).

2.6.2 *Bacillus megaterium*

O *Bacillus megaterium* apresenta um grande potencial de uso agrícola ao induzir mecanismos de tolerância a estresses bióticos e abióticos nas plantas, promover o crescimento e desenvolvimento das culturas e melhorar as condições de fertilidade do solo.

O *B. Megaterium* é uma espécie de bactéria em forma de haste e gram-positiva do gênero *Bacillus* usada como inoculante de solo na agricultura. De acordo com vários autores, esta bactéria tem a capacidade de solubilizar fosfatos naturais, disponibilizando o fósforo contido nestes materiais, para as plantas cultivadas. Na antiga União Soviética, o *B. Megaterium* foi multiplicado em laboratório e utilizado na forma de inoculante para fertilizar o solo, aumentando a solubilização de minerais fosfatados. Os trabalhos utilizando esta técnica mostraram excelentes resultados no aumento da produção de grãos e outros alimentos.

O *B. Megaterium* além de atuar na solubilização do fósforo, ainda apresentam outros mecanismos que auxiliam o crescimento, como a solubilização de potássio, produção de fitormônios, enzimas, bioproteção contra patógenos, e por meio de mecanismos secundários, aumentam também a absorção de outros nutrientes e água pelo estímulo ao sistema de raízes (GUPTA *et al.*, 2015; RIBEIRO *et al.*, 2018).

Em um estudo realizado por Marulanda *et al.* (2010), foi investigado o impacto da inoculação de *B. megaterium* em plantas de milho (*Zea mays L.*). Os resultados indicaram um aumento significativo na biomassa das raízes e na área foliar, juntamente com níveis mais altos de umidade foliar e uma maior condutância hídrica nas raízes. Já no estudo conduzido por Harthmann *et al.* (2010), foi analisado o impacto da aplicação de *B. megaterium* em sementes de cebola. Os resultados revelaram que as plantas que receberam a inoculação demonstraram um aumento significativo na altura, no diâmetro do pseudocaule e no número de folhas, em comparação com as plantas do grupo de controle.

2.6.3 *Bacillus aryabhattai*

O uso do *Bacillus aryabhattai* na agricultura tem um enorme potencial e isso se deve à diversa gama de benefícios que essa bactéria pode trazer para as plantas. Eles vão desde o aumento da resistência aos estresses abióticos, como a seca, à disponibilização de nutrientes.

B. aryabhattai é uma espécie de rizobactéria gram positiva, em formato de bastonete, que foi isolada e identificada pela primeira vez em 2009. O termo rizobactéria advém da capacidade destes microrganismos em estabelecer uma relação simbiótica com as raízes das plantas.

A capacidade da rápida colonização das raízes da soja pela rizobactéria *B. aryabhatai* por exemplo, já foi atribuída à resposta desse microrganismo aos compostos químicos liberados pelas raízes, conhecidos como exsudatos radiculares (PARK *et al.*, 2017).

A promoção do crescimento das plantas mediada pelo *B. aryabhatai* envolve a ação de diferentes mecanismos, com destaque para regulação de hormônios vegetais e o aumento na disponibilidade de nutrientes.

Segundo os trabalhos realizados pela Embrapa (2017), quando as bactérias tolerantes à seca colonizam o sistema radicular das plantas sob estresse abiótico, elas produzem substâncias que hidratam as raízes, chamadas exopolissacarídeos. Com as raízes mais hidratadas, o conteúdo relativo de água das plantas aumenta e elas conseguem lidar melhor com condições de estresse hídrico.

O *B. aryabhatai* possui diversos mecanismos para controlar os nematóides, que vão desde a produção de enzimas para degradação da parede celular dos ovos, à competição por recursos da área. No estudo intitulado "Potential of Phosphate Solubilizing *Bacillus* Strains for Enhancing Growth and Nutrient Uptake in Mungbean and Maize Crops," Maqshoof Ahmad *et al.* (2019) descrevem o papel desempenhado pelas bactérias na promoção da disponibilidade de macronutrientes, como o fósforo, por meio de diversos mecanismos.

Inicialmente, essas bactérias reduzem o pH do ambiente, criando condições favoráveis para a solubilização do fósforo. Além disso, elas secretam ácidos orgânicos, tais como ácido láctico, ácido cítrico, ácido glucônico, ácido malônico e ácido succínico, contribuindo assim para a liberação de fósforo. Essas bactérias também produzem enzimas fosfatases que desempenham um papel fundamental no processo de disponibilização de fósforo.

Além de aprimorar a disponibilidade de fósforo, Maqshoof Ahmad *et al.* (2019) observaram que o *B. aryabhatai* demonstrou a capacidade de melhorar a disponibilidade de nitrogênio e potássio. O que é notável é que essa melhoria ocorreu a uma taxa superior quando comparada a outra bactéria do mesmo gênero que foi investigada no estudo.

As substâncias produzidas pelo *B. aryabhatai* também podem ajudar a disponibilizar alguns desses micronutrientes, como é o caso do zinco (RAMESH *et al.*, 2014).

3 METODOLOGIA

3.1 LOCALIZAÇÃO E CONDIÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido em uma unidade de produção familiar localizada em Linha da Serra, município de Sinimbu, região central do estado do Rio Grande do Sul, à latitude 29° 32' 40.30" Sul e 52° 36' 06.86" Oeste e altitude média de 472 m.

Para a condução do experimento foram utilizadas sementes de tabaco tipo virgínia da variedade AOV 708, considerada uma variedade bem adaptada na região. As mudas foram produzidas em bacias em uma simulação de sistema float com objetivo que os tratamentos ficassem mais “isolados”. As bacias ficaram em cima de uma lona plástica, cobertas com talagarça e uma lona plástica transparente (Figura 10) as bandejas utilizadas foram de isopor com 50 células, o que equivale a um quarto do tamanho de uma bandeja comercial.

Figura 6- Simulação de sistema float de produção de mudas de tabaco



Fonte: Autora (2023).

3.2 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

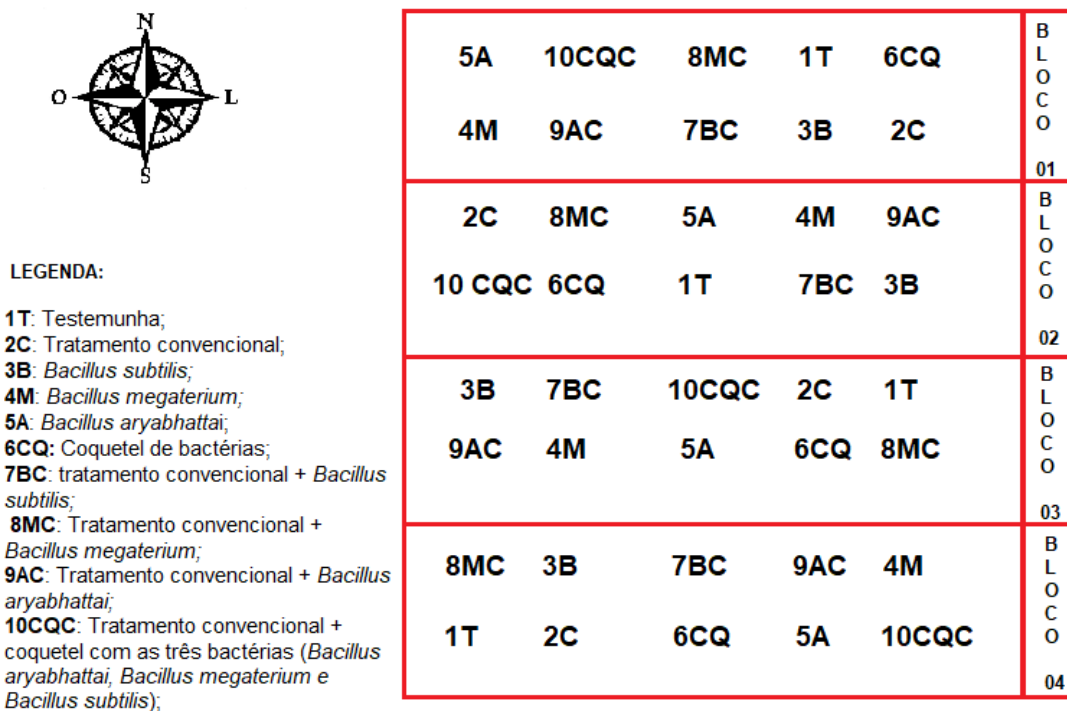
O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições e dez tratamentos, totalizando 40 unidades experimentais (UEs), cuja distribuição seguiu a disposição do croqui indicado pela Figura 11, sendo:

- T1: Testemunha (1T);
- T2: Tratamento convencional (2C);
- T3: *Bacillus subtilis* (3B);
- T4: *Bacillus megaterium* (4M);

- T5: *Bacillus aryabhattai* (5A);
- T6: Coquetel de bactérias (*Bacillus aryabhattai*, *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis*) (6CQ);
- T7: Tratamento convencional + *Bacillus subtilis* (7BC);
- T8: Tratamento convencional + *Bacillus megaterium* (8MC);
- T9: Tratamento convencional + *Bacillus aryabhattai* (9AC);
- T10: Tratamento convencional + coquetel com as três bactérias (*Bacillus aryabhattai*, *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis*) (10CQC);

No estudo, os dez tratamentos foram aplicados da seguinte maneira: O 1T serviu como uma testemunha, na qual nenhum agrotóxico foi usado recebendo apenas adubo sintético na mesma forma e dose que nos outros tratamentos. O tratamento 2C representou o manejo convencional, seguindo as diretrizes técnicas comumente recomendadas pela indústria do tabaco, com aplicação de adubo sintético e o uso de agrotóxicos, sendo que neste estudo foram aplicados os fungicidas Rovral, Infinito, além do inseticida e Evidence 700 WG. Nos tratamentos 3B, 4M, 5A e 6CQ, apenas as bactérias específicas de cada tratamento, *B. aryabhattai*, *B. megaterium* e *B. subtilis*, e a mistura das três, respectivamente foram introduzidas, como também o adubo sintético, destaca-se, que nenhum outro agrotóxico foi aplicado nesses tratamentos. Nos tratamentos 7BC, 8MC, 9AC) e 10CQC, além das bactérias e adubo sintético, também foram aplicados os mesmos agrotóxicos utilizados no sistema convencional de produção. O adubo usado em todos os tratamentos não tinha adição de cobre a fim de permitir a melhor observação do desenvolvimento radicular entre os tratamentos.

Figura 7- Croqui da área experimental com distribuição dos blocos e tratamentos.



Fonte: Autora (2023)

As sementes foram semeadas no dia 4 de junho de 2023, colocando duas sementes em cada célula. Contudo, a germinação completa das mudas ocorreu apenas em 26 de junho de 2023.

No que diz respeito aos tratamentos, o tratamento convencional seguiu o procedimento recomendado pela fumageira e amplamente utilizado pelos produtores de tabaco para a produção de mudas. A inoculação das bactérias promotoras de crescimento de plantas ocorreu por meio da pulverização sobre sementes, após estas já estarem posicionadas no substrato das bandejas, conforme indicado na (Figura 12). A aplicação do inoculante foi feita com 5 ml por bandeja conforme orientação técnica da empresa Pilzer Biotecnologia Agropecuária Ltda (que a quantidade utilizada normalmente em outras culturas, pois para o tabaco não há nada na literatura). Optou-se por realizar essa aplicação quando as sementes já estavam no substrato, uma vez que as sementes são peletizadas e não poderiam receber o inoculante diretamente antes da semeadura pelo risco de desintegração por dissolução do pellet. Essa abordagem foi projetada de forma a tornar o processo de aplicação mais prático e eficaz.

Figura 8- Processo de condução do experimento para aplicação dos tratamentos.



Fonte: Autora (2023).

Para a avaliação do efeito dos tratamentos foram determinados os seguintes parâmetros avaliativos: comprimento da raiz principal (cm) e comprimento de parte aérea (cm), produção Massa Fresca de Parte Aérea (MFPA) (g), Massa Seca de Parte Aérea (MSPA) (g), Massa Fresca Radicular (MFR) (g) e Massa Seca Radicular (MSR) (g).

Com exceção do tempo de emergência, que foi realizado apenas no início do cultivo, as demais avaliações foram conduzidas em três datas distintas, por ocasião das podas: 14 de agosto, 8 de setembro e 6 de outubro de 2023. A determinação do momento de cada avaliação e das podas aconteceu mediante o crescimento das mudas, sendo que eram realizadas quando as mudas atingiam tamanho apropriado para a poda, de modo que os intervalos entre as podas não correspondem a um período fixo em dias, visto que a taxa de crescimento das mudas variou durante o período de estudo. Em cada ocasião, cinco mudas foram selecionadas em cada bandeja.

Para avaliação da altura da parte aérea procedeu-se à medida da distância entre a região do colo e o meristema apical, e, para determinação do comprimento do sistema radicular, procedeu-se à medida do comprimento da raiz principal (pivotante) da cultura. Para realização das medidas, utilizou-se um paquímetro digital.

Após a realização das medidas, as mudas foram segmentadas em duas partes, sendo o corte realizado na altura do colo da planta, a fim de medir tanto a massa fresca quanto a massa seca da parte aérea e do sistema radicular. Para

calcular a massa fresca, as partes foram cuidadosamente pesadas em uma balança de precisão. Porém, antes da pesagem, o sistema radicular a foi acondicionado em peneiras e as raízes foram lavadas cuidadosamente para retirada dos restos de substrato.

Em seguida, as raízes foram colocadas em placas de petri (Figura 13) e submetidas ao processo de secagem em estufa de circulação de ar forçado, mantida a uma temperatura de 65°C, durante 48 horas, até atingirem completa desidratação. Após a secagem, as partes foram pesadas novamente para determinar a massa seca. No total foram avaliadas 600 mudas.

Figura 9- Parte aérea fresca (A) e parte radicular fresca (B) de mudas de tabaco.



Fonte: Autora (2023).

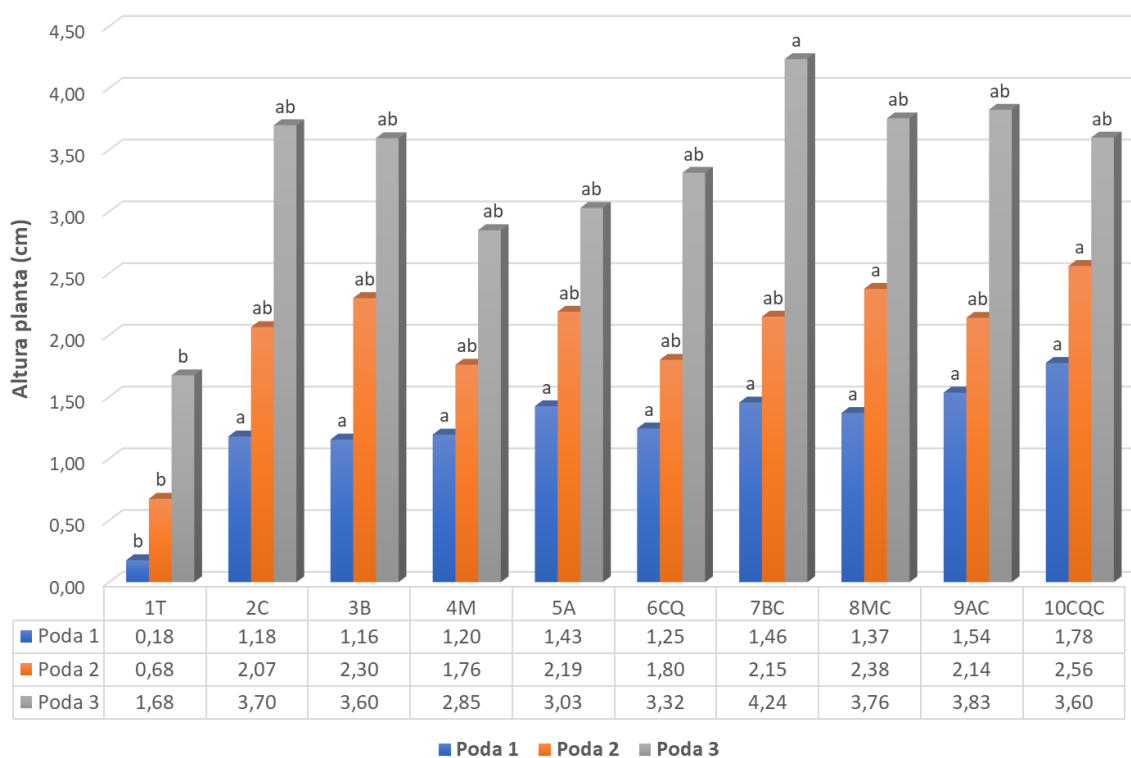
Os resultados de todas as variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância e ao teste F. Em caso de significância do teste F, realizou-se a comparação das médias pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade de erro. Todas as avaliações foram realizadas no software estatístico SISVAR 5.1 (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DESENVOLVIMENTO DA PARTE AÉREA EM MUDAS DE TABACO

A utilização de promotores de crescimento a base de *B. subtilis*, *B. megaterium* e *B. aryabhatai* promoveu efeito significativo no desenvolvimento de mudas de tabaco, especialmente na parte aérea das mudas (Gráficos 1, 2 e 3). Ao analisar a altura das plantas (Gráfico 1), é possível perceber que as plantas mais altas corresponderam ao tratamento 7 BC (*Bacillus subtilis* + tratamento convencional) no estágio final de crescimento das mudas de tabaco (poda 3). No entanto, é interessante notar que nas três avaliações realizadas (podas 1, 2 e 3) os tratamentos que envolviam apenas a utilização de bactérias promotoras de crescimento (3B, 4M e 5A), ou seja, sem a aplicação de tratamento convencional, não diferiram dos dos tratamentos que receberam o manejo convencional (associado ou não a bactérias).

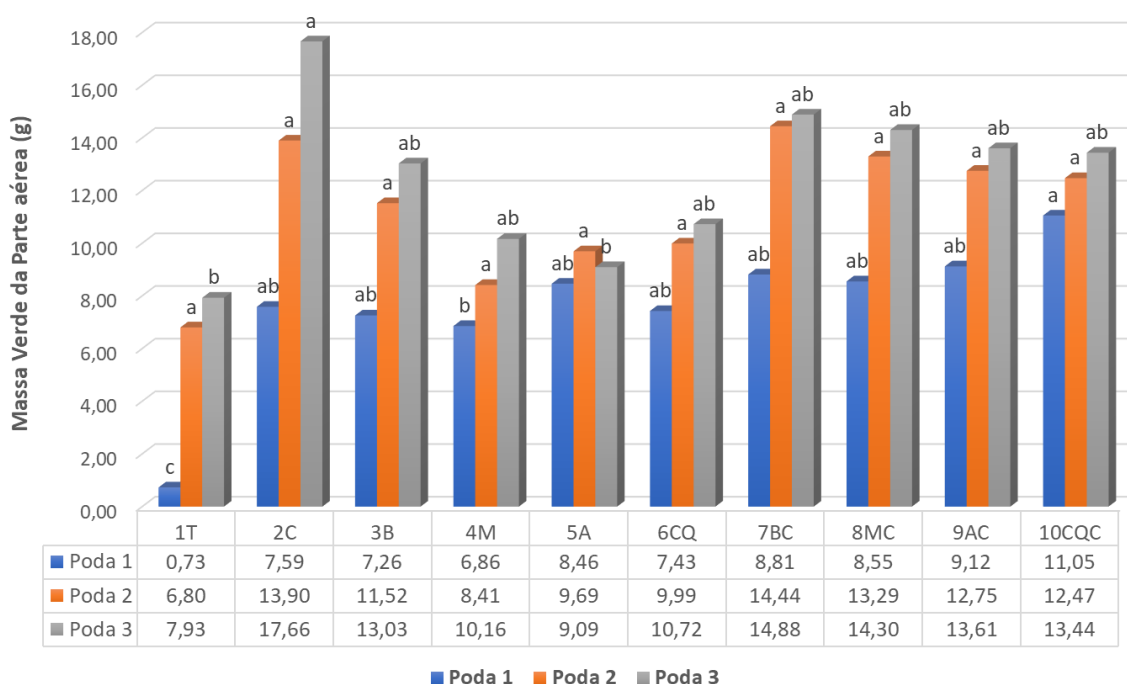
Gráfico 1- Altura de planta (cm) em mudas de tabaco submetidas a três podas (Poda 1, 2 e 3). Médias seguidas pela mesma letra minúscula em cada poda não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de erro.



Fonte: Autora (2023).

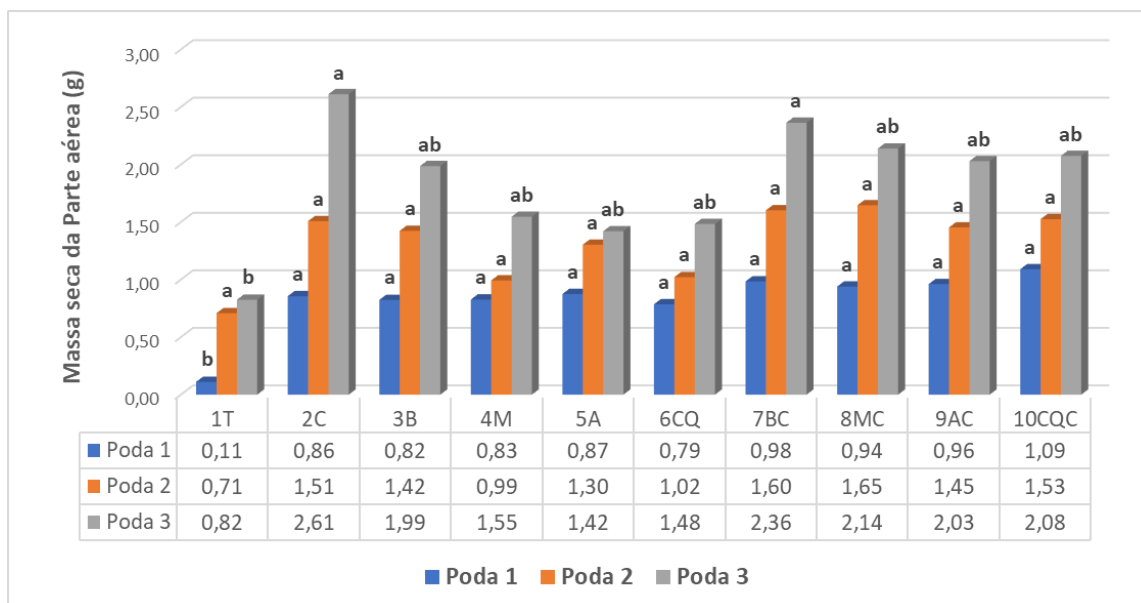
Ao observar a massa verde (Gráfico 2) e a massa seca (Gráfico 3) da parte aérea, pode-se verificar que na segunda poda não houve diferenças significativas entre os tratamentos, enquanto na primeira poda todos os tratamentos diferiram significativamente apenas da testemunha. Esse resultado indica que a utilização dos promotores de crescimento beneficiou o crescimento das mudas de tabaco, trazendo resultados semelhantes aos obtidos no manejo convencional, o qual recebeu a aplicação de dois fungicidas (Rovral com aplicação semanal e o Infinito a cada 15 dias) e 1 inseticida (uma aplicação apenas no substrato).

Gráfico 2- Massa fresca da parte aérea (g) em mudas de tabaco, submetidas a três podas (Poda 1, 2 e 3). As médias dos tratamentos em cada poda não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de erro.



Fonte: Autora (2023).

Gráfico 3- Massa Seca da Parte Aérea (g) de raízes de mudas de tabaco, submetidas a três podas (Poda 1, 2 e 3). As médias dos tratamentos em cada poda não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de erro.



Fonte: Autora (2023).

Segundo Chakraborty et al (2006) a introdução do *B. megaterium* gerou impactos notáveis, promovendo um considerável aumento no desenvolvimento de arbustos de chá jovens. Isso foi evidenciado pelo aumento da altura das plantas, do número de ramos e da quantidade de folhas.

Além disso, Kavamura (2012) em estudo com *B. aryabhatai* demonstrou a capacidade de estimular o crescimento do milho, mesmo em situações de estresse hídrico. Isso foi evidenciado pelo aumento na área foliar, no comprimento do colmo e na massa seca da parte aérea, em comparação com plantas não inoculadas.

Já segundo Mazzucchelli e Araújo (2011) também observaram um acréscimo na massa aérea de plantas de cana-de-açúcar que foram tratadas com a inoculação de isolados de *B. subtilis*. De maneira semelhante, Araújo e Marchesi (2009) notaram um incremento na estatura e na biomassa de plantas de tomateiro que foram submetidas ao tratamento com a inoculação de *B. subtilis*.

É relevante observar que mudas com menor altura e uma menor quantidade de folhas enfrentam um estresse pós-transplante mais pronunciado. Esse fenômeno é atribuído à considerável perda de água dos tecidos quando as mudas são retiradas do ambiente hidropônico, onde água e nutrientes estão prontamente disponíveis. Ao serem transplantadas para o campo, as mudas necessitam desenvolver o sistema radicular e buscar ativamente esses elementos no solo

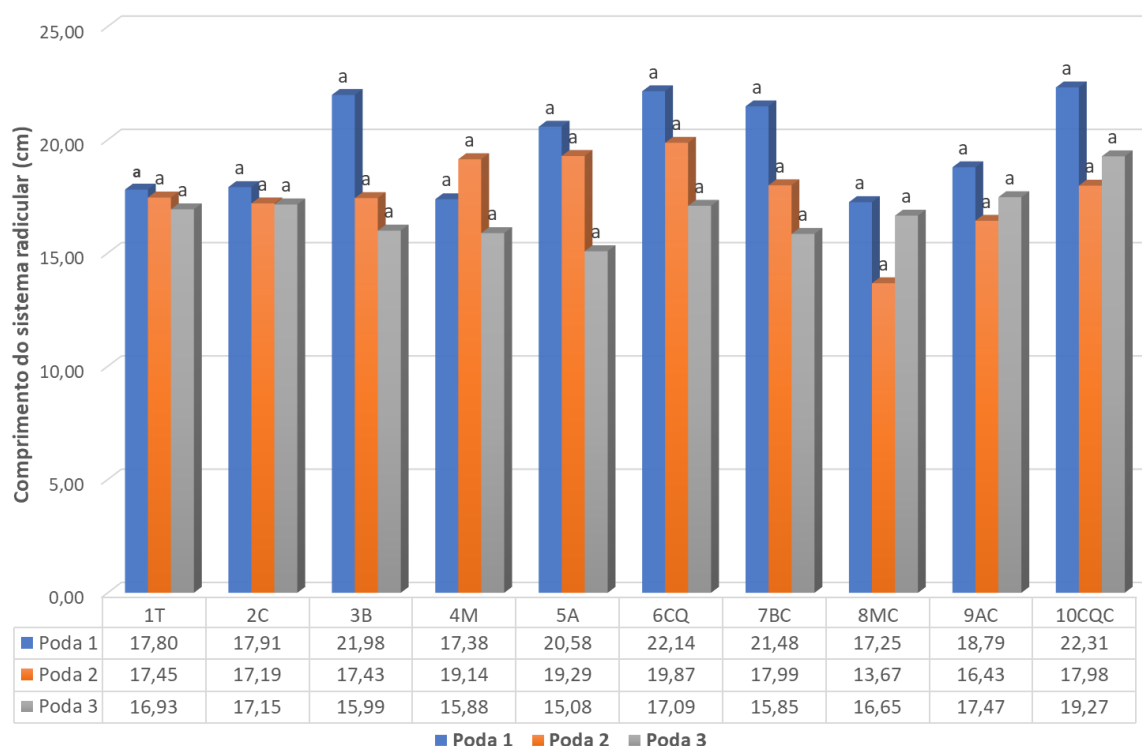
(COCCO *et al.*, 2008). Essa análise ressalta a importância não apenas do tratamento convencional, mas também da presença das bactérias, sugerindo que estas podem desempenhar um papel significativo no desenvolvimento das mudas, mesmo na ausência do tratamento convencional.

4.2 DESENVOLVIMENTO DA PARTE RADICULAR EM MUDAS DE TABACO

No Gráfico 4, podemos observar o comprimento das raízes das mudas em relação as três podas realizadas. Neste caso, não observamos diferenças estatisticamente significativas entre os resultados, ou seja, os valores obtidos nas três análises foram próximos entre si e não apresentaram variações.

Ou seja, os tratamentos que foram apenas inoculados com as bactérias, sem a aplicação de agrotóxicos, demonstraram resultados notáveis novamente nas avaliações de comprimento de raiz e massa verde se compararmos com o tratamento convencional frequentemente utilizado pelos agricultores.

Gráfico 4- Comprimento do sistema radicular (cm) de raízes de mudas de tabaco, submetidas a três podas (Poda 1, 2 e 3). As médias dos tratamentos em cada poda não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de erro.

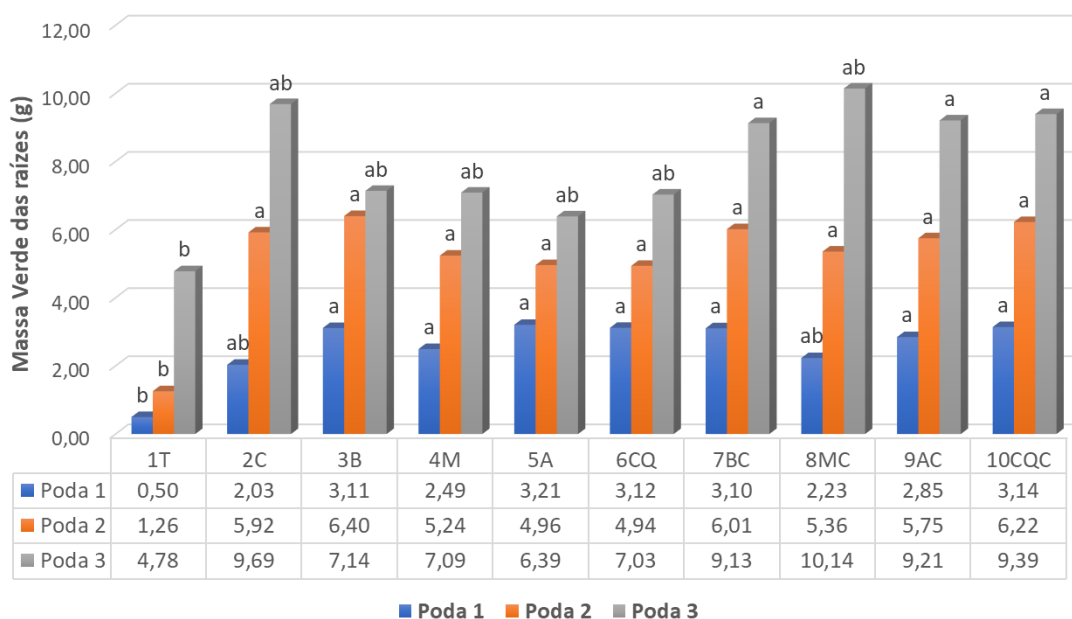


Fonte: Autora (2023).

Segundo Giovelli e Tabaldi (2022) uma plântula que apresenta uma radícula mais extensa tem o potencial de desenvolver um sistema radicular mais robusto, o que, por sua vez, favorece o crescimento da planta. Isso ocorre porque um sistema radicular mais abundante tem a capacidade de aumentar a absorção de água e nutrientes. Além de estimular o crescimento da planta, um sistema radicular bem desenvolvido também pode fortalecer sua resistência ao estresse hídrico, uma vez que as raízes são capazes de acessar camadas mais profundas do solo em busca de água.

Nesse sentido, observa-se que os maiores valores de massa verde das raízes (Gráfico 5) aconteceram por ocasião da última poda nos tratamentos 7BC, 9AC e 10CQC, ou seja, tratamentos com manejo convencional mas com inoculação e coinoculação de promotores de crescimento. Comportamento semelhante foi observado para a massa seca das raízes (Gráfico 6) em que no estágio final de desenvolvimento das mudas, todos os tratamentos que envolviam tratamento convencional apresentaram maior valor de massa seca, com valores intermediários para os tratamentos que receberam apenas inoculação e coinoculação de promotores de crescimento. Os menores acúmulos de massa fresca e massa seca de raízes foram observados no tratamento testemunha (1T) que recebeu apenas aplicação de adubo.

Gráfico 5- Massa Verde das Raízes (g) de raízes de mudas de tabaco, submetidas a três podas (Poda 1, 2 e 3). As médias dos tratamentos em cada poda não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de erro.



Fonte: Autora (2023).

O estudo realizado por Kumar et al. (2020) no contexto do cultivo de tomate revelou que a inoculação com *Burkholderia gladioli* e *B. subtilis* resultou em alturas superiores, bem como em maior massa fresca e seca das raízes e da parte aérea das plantas em comparação com o grupo de controle sem inoculação. Além disso, a aplicação de *B. subtilis* como promotora de crescimento resultou em um aumento significativo na massa seca de plantas de tomate (31%), quiabo (36%) e amaranto (83%). Foi notada a habilidade da rizobactéria em formar endósporos resistentes ao calor e à dessecação, destacando a versatilidade do uso desse gênero de bactérias como RPCP (ADESEMOYE et al., 2008).

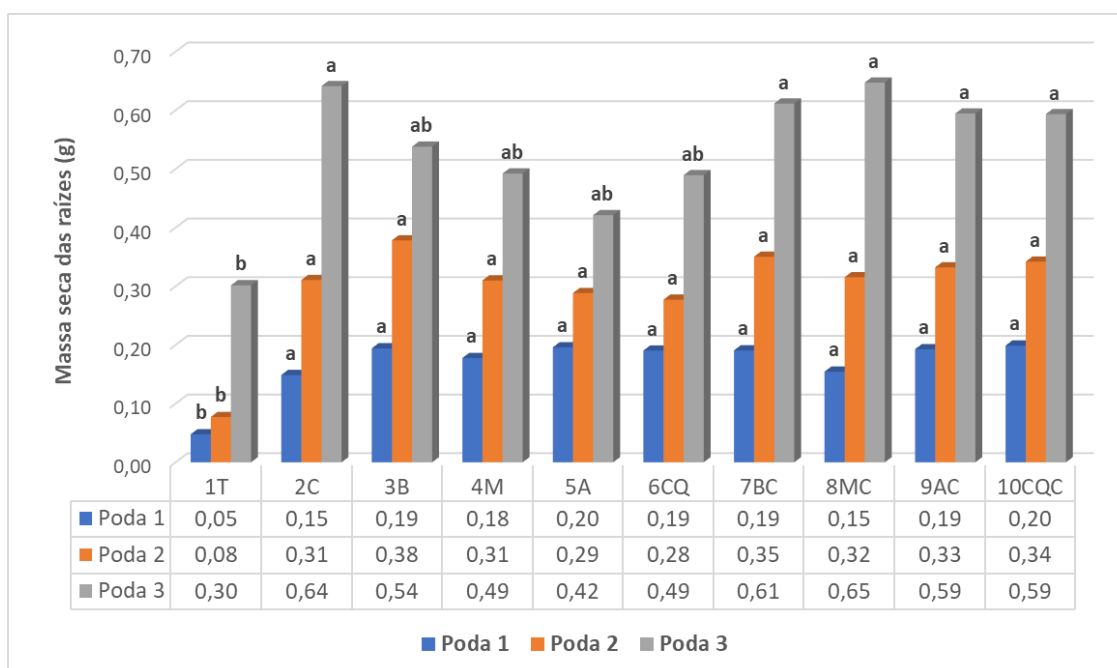
Além disso, um estudo realizado por Raasch et al. (2013) em mudas de *Eucalyptus*, os pesquisadores observaram que a inoculação com *B. subtilis* resultou em um aumento de 53,2% na emissão de raízes, assim como incrementos na biomassa do sistema radicular e da parte aérea, variando entre 45,9% e 45,1%, respectivamente.

No caso de culturas anuais, como o tomate, as rizobactérias também desempenham um papel significativo. Um exemplo dessa relevância foi identificado por Stavropoulou (2011), que avaliou o efeito de tolerância da planta em conjunto

com *B. subtilis*. A inoculação demonstrou uma ação que resultou em um aumento de 20% nas massas de parte aérea e raízes, tanto frescas quanto secas.

No entanto, May et al. (2019) demonstraram que a presença de *B. aryabhatai* não apenas aumentou o crescimento do sistema radicular, mas também promoveu maior eficiência no uso da água disponível no solo. Ou seja, essa bactéria pode auxiliar a muda após o transplante.

Gráfico 6- Massa Seca das Raízes (g) de raízes de mudas de tabaco, submetidas a três podas (Poda 1, 2 e 3). As médias dos tratamentos em cada poda não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de erro.



Fonte: Autora (2023).

Ambas as bactérias demonstraram melhorias no desempenho das plantas quando aplicadas individualmente. Entretanto, estudos anteriores que examinaram combinações de PGPR (Promotoras de Crescimento Vegetal) e/ou MPCA (Microorganismos de Controle de Pragas Agrícolas) geralmente não encontraram interferência negativa entre os microrganismos utilizados em combinações (VESTBERG *et al.*, 2004, MARIMUTHU *et al.*, 2002, VÀZQUEZ *et al.*, 2000, VOSÀTKA;GRYNDLER, 2000).

Nossos resultados indicaram ainda que algumas combinações de cepas microbianas não produzem efeitos sinérgicos acumulativos quando se trata da proteção e promoção do crescimento das plantas, ou seja, não alcançando resultados superiores em comparação com a aplicação individual de

microrganismos, corroborando com outros estudos já realizados (SCHISLER *et al.*, 1997, SCHMIDT *et al.*, 2004, DANDURAND; KNUDSEN, 1993, HUBBARD *et al.*, 1983).

4.3 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E FITOSSANITÁRIAS ENFRENTADAS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE TABACO

Além dos resultados mencionados anteriormente, uma variável que pode ter afetado os resultados obtidos foi a ocorrência da Mancha Aureolada (*Rhizoctonia solani*), que se manifestou no dia 16 de agosto e é apresentada na Figura 14. Inicialmente, essa doença se manifestou no tratamento 4M (*B. megaterium*) e no grupo de controle. Quatro dias depois, começou a aparecer no tratamento 5A (*B. aryabhatai*), e, por último, no tratamento 3B (*B. subtilis*). Nos tratamentos em que o sistema convencional foi utilizado, medidas preventivas com os agrotóxicos recomendados foram implementadas (conforme detalhado na Tabela 1) e a doença não se manifestou.

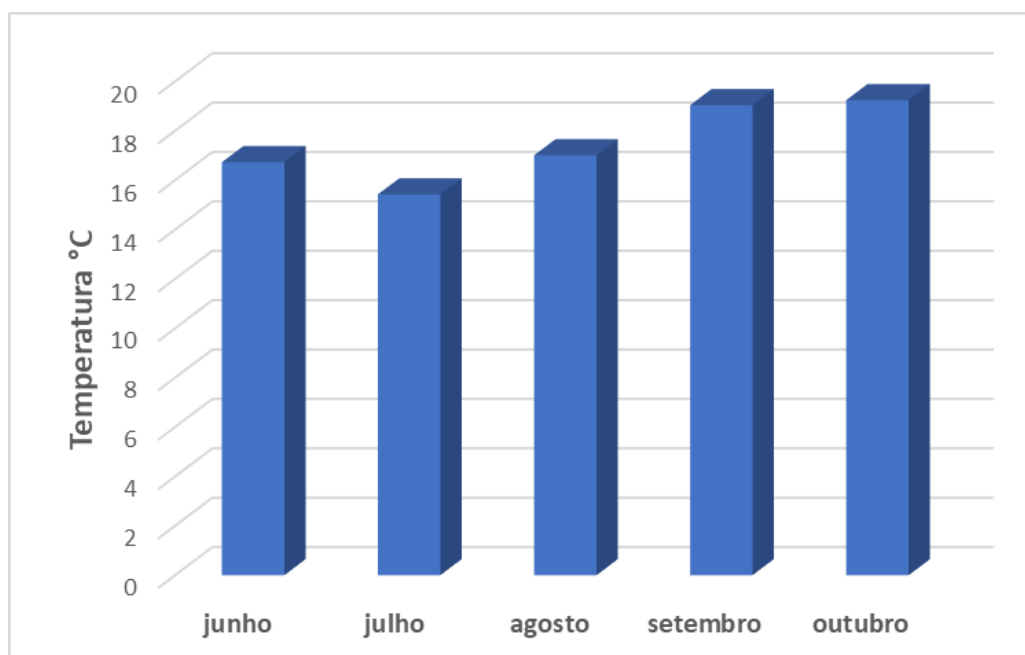
Figura 10- Incidência Mancha Aureolada (*Rhizoctonia solani*) nas mudas de tabaco do experimento



Fonte: Autora (2023).

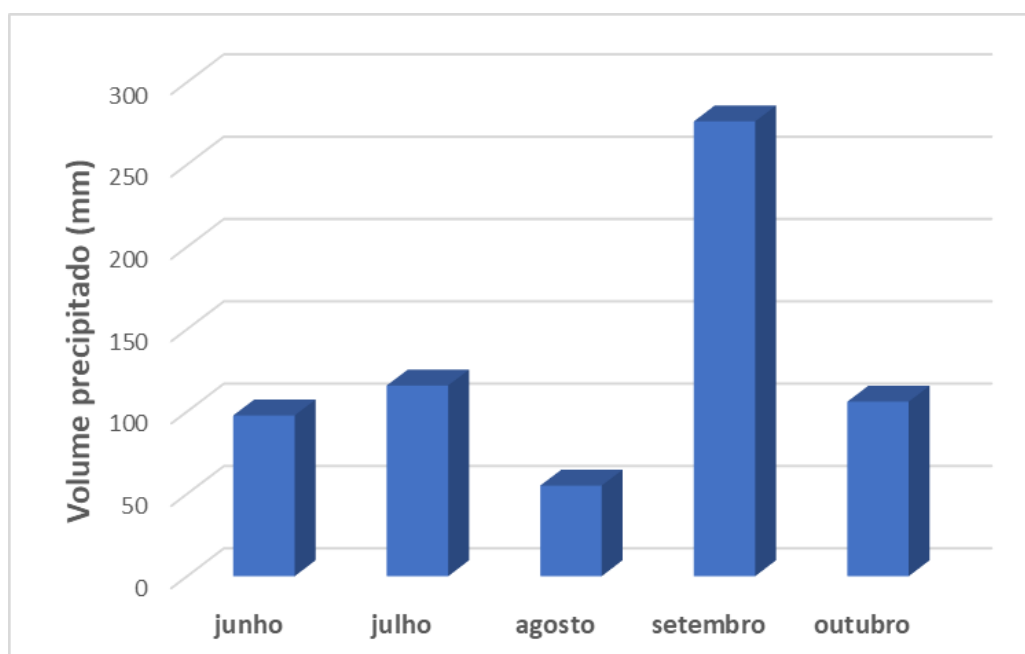
A propagação dessa doença entre as bandejas foi notável, uma vez que nesse período houve um aumento significativo na incidência de chuvas, o que, de certa forma, afetou a condução do experimento. Nos primeiros dois meses, a incidência de radiação solar foi menor, e as temperaturas para o crescimento após a germinação não foram muito elevadas, como indicado nos Gráficos 8, 9 e 10.

Gráfico 7- Temperatura média mensal ocorrido no período de junho a outubro de 2023 na cidade de Santa Cruz do Sul.



Fonte: Gráficos realizados pela autora com base nos dados obtidos pela estação meteorológica da UNISC.

Gráfico 8- Volume de precipitação pluvial mensal no período de junho a outubro de 2023 na cidade de Santa Cruz do Sul.



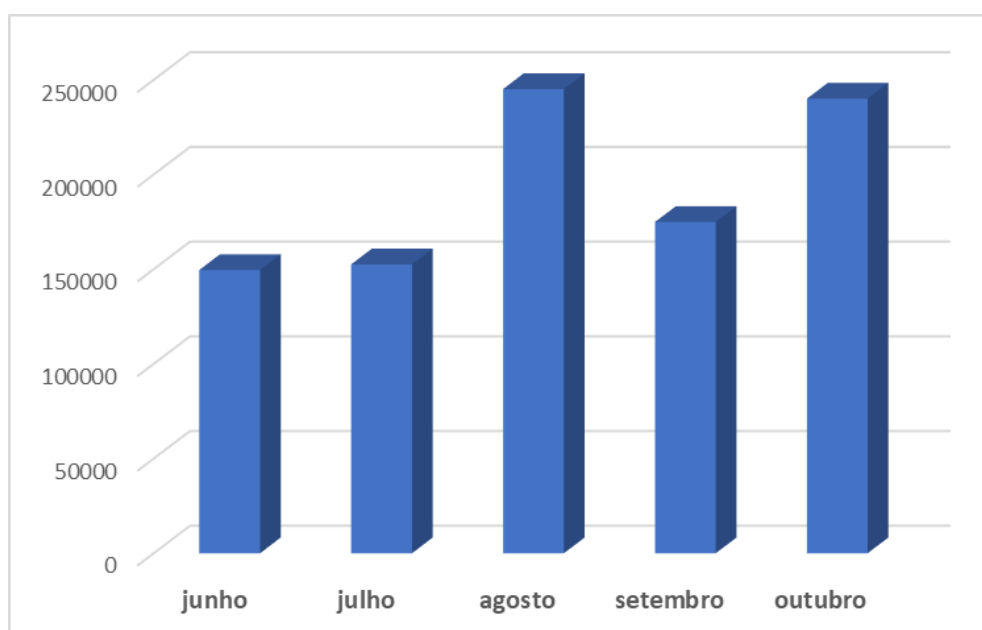
Fonte: Gráficos realizados pela autora com base nos dados obtidos pela estação meteorológica da UNISC.

A quantidade de radiação solar que uma planta absorve desempenha um papel crucial na regulação de sua taxa fotossintética e na gestão da perda de água através da transpiração. Esses fatores, combinados com elementos como a

temperatura do ar e do solo, a disponibilidade de água e os nutrientes minerais, são determinantes essenciais para moldar o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Eles têm um impacto direto na produção e na qualidade dos produtos vegetais resultantes (SIMON, 2014).

No caso de outras solanáceas como o tomate cereja, por exemplo, a disponibilidade de luz e o momento de implantação da cultura são fatores cruciais a serem considerados. A luz desempenha um papel fundamental para as plantas, e o tomate, em particular, requer um nível trófico acima de $8,4 \text{ MJ m}^2.\text{dia}^{-1}$ (equivalente a 350000 W/m^2), que representa a radiação solar necessária para o desenvolvimento e manutenção da planta. Esse nível favorece o aumento da matéria seca nas plantas. O tomate prospera em condições de clima ameno e seco, com uma boa intensidade luminosa. Para o tomateiro, é crucial atingir esse nível relativamente alto de radiação solar para um desenvolvimento ideal (BRANDÃO FILHO *et al.*, 2018). Essa relação também é válida para a cultura do tabaco, sendo possível observar (Gráfico 9) que nos meses de junho, julho e setembro houve um baixo índice de radiação solar.

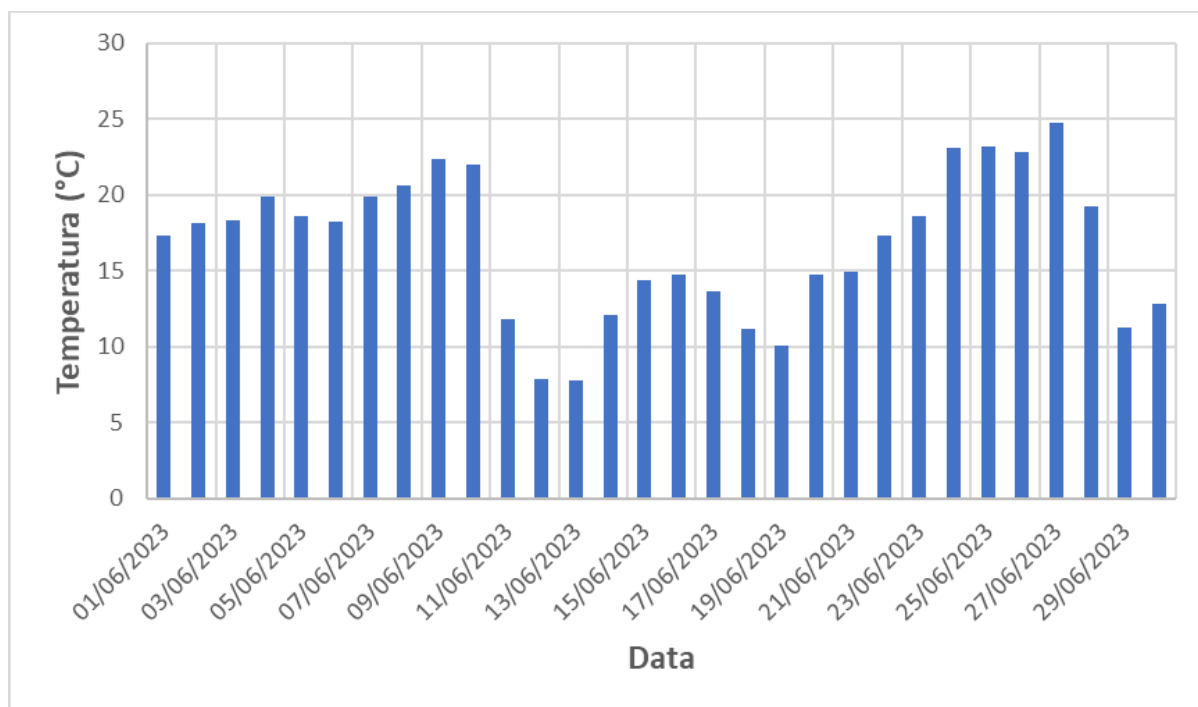
Gráfico 9- Radiação solar mensal (W/m^2) no período de junho a outubro de 2023 na cidade de Santa Cruz do Sul.



Fonte: Gráficos realizados pela autora com base nos dados obtidos pela estação meteorológica da UNISC.

O experimento em sua totalidade foi impactado pelas condições climáticas, uma vez que no início do estudo, as temperaturas se mantiveram abaixo de 20°C (Gráfico 10), o que resultou em uma emergência das plantas mais demorada, estendendo-se por 22 dias

Gráfico 10- Temperaturas médias diárias correspondentes aos dias do mês de junho de 2023 na cidade de Santa Cruz do Sul.



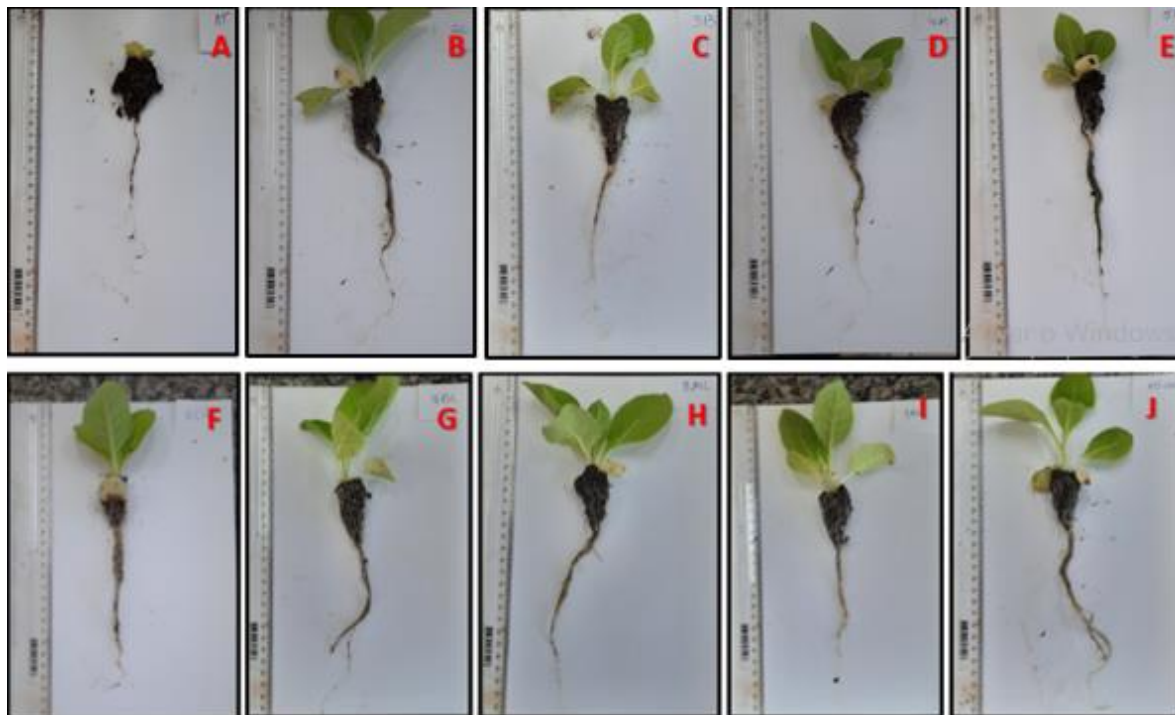
Fonte: Gráficos realizados pela autora com base nos dados obtidos pela estação meteorológica da UNISC.

No que diz respeito aos fatores abióticos, durante o processo de germinação, as sementes estão sujeitas a diversas condições edafoclimáticas, sobre as quais o produtor nem sempre possui controle absoluto (NASCIMENTO *et al.*, 2011). Entre esses fatores, a temperatura emerge como um dos mais significativos. Variações extremas, seja de temperaturas muito baixas ou muito altas, podem influenciar tanto a velocidade quanto a taxa final de germinação. Em geral, temperaturas baixas tendem a reduzir a velocidade de germinação, ao passo que temperaturas elevadas aumentam (NASCIMENTO, 2005).

Nas imagens abaixo (Figuras 15 e 16) é possível observar as mudas de tabaco antes de passarem pela primeira e pela última poda. Nota-se que, embora as condições climáticas não tenham favorecido o experimento, conseguimos obter mudas de qualidade. Mesmo com o surgimento de doenças no ciclo de cultivo,

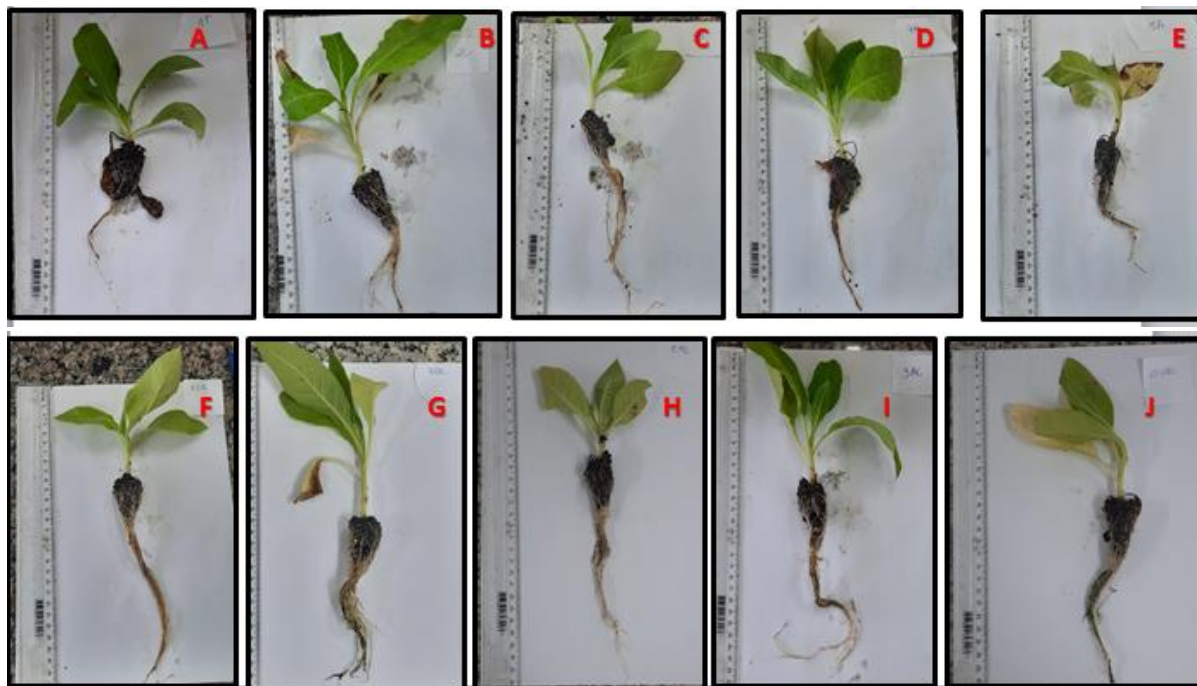
estratégias de manejo como a abertura dos canteiros auxiliaram na diminuição significativa dos efeitos das doenças.

Figura 11- Desenvolvimento das mudas de tabaco antes da realização da primeira poda nos dez tratamentos: 1T (A), 2C (B), 3B (C), 4M (D), 5A (E), 6CQ (F), 7BC (G), 8MC (H), 9AC (I) e 10CQC (J).



Fonte: Autora (2023).

Figura 12- Desenvolvimento das mudas de tabaco antes da realização da última análise (Poda 3) nos dez tratamentos: 1T (A), 2C (B), 3B (C), 4M (D), 5A (E), 6CQ (F), 7BC (G), 8MC (H), 9AC (I) e 10CQC (J).



Fonte: Autora (2023).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos indicaram que o tratamento que combinou a inoculação de *Bacillus subtilis* com manejo convencional (7BC) se destacou em aspectos como altura de planta, massa seca da parte aérea e de raízes, em relação às outras inoculações (*Bacillus aryabhattai*, *Bacillus megaterium*) e à coinoculação (coquetel com as três bactérias). No entanto, é importante notar que mesmo as mudas que foram apenas inoculadas, sem receber o manejo convencional (3B, 4M, 5A e 6CQ), mostraram resultados considerados satisfatórios uma vez que não diferiram dos tratamentos que receberam manejo convencional, com aplicação de agrotóxicos. Esse resultado pode trazer diversos benefícios para a produção de mudas de tabaco, uma vez que se alinha com um manejo agrícola mais sustentável, menos dependente de insumos químicos e também pode contribuir para a redução dos custos de produção.

No entanto, este estudo destaca a necessidade de investigações adicionais sobre a inoculação e coinoculação de mudas de tabaco. Por ser um trabalho pioneiro, aspectos como forma de inoculação e dose do inoculante foram propositivas e não baseadas em evidências científicas para a cultura. De modo que estudos adicionais devem ser realizados considerando aumentar a quantidade de inoculante por bandeja ou explorar a aplicação de outras cepas bacterianas. Além disso, esses microrganismos poderiam ser testados quanto ao seu potencial no biocontrole de doenças que afetam a cultura do tabaco após o transplante, visando a redução do uso de agrotóxicos e, conseqüentemente, a diminuição dos custos de produção em todo o ciclo produtivo e não apenas por ocasião da produção de mudas.

É importante ressaltar que a escassez de estudos sobre a cultura do tabaco é evidente e merece maior atenção, considerando a importância econômica que essa cultura tem para os estados do Sul do Brasil. Mais pesquisas são necessárias para explorar o potencial de otimização do cultivo de tabaco.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO DOS FUMICULTORES DO BRASIL – AFUBRA. **Promip leva biológicos para o combate de pragas na cultura do tabaco para a Expoagro Afubra. 2023.** Disponível em: <https://afubra.com.br/noticias/11951/promip-leva-biologicos-para-o-combate-de-pragas-na-cultura-do-tabaco-para-a-expoagro-afubra.html>. Acesso em: 13 de novembro de 2023.

AHMAD, M. et al. Potencial das Cepas de Bacillus Solubilizadores de Fosfato para Melhorar o Crescimento e a Absorção de Nutrientes nas Culturas de Feijão Mungo e Milho. **Paquistão Jornal de Ciências Agrícolas** vol. 56, nº. 2, abril de 2019, pp. 283–89., <https://doi.org/10.21162/PAKJAS/19.7285>.

ARAÚJO, F.F.; MARCHESI, G.V.P. - Uso de Bacillus subtilis no controle da meloidoginose e na promoção de crescimento do tomateiro. **Ciência Rural**, vol. 39, n. 5, p. 1558-1561. 2009 <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009000500039>

BACKER, R. et al. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: Context, Mechanisms of Action, and Roadmap to Commercialization of Biostimulants for Sustainable Agriculture. *Front. Plant Sci.* 2018.

BADRI, D.V. et al. Application of natural blends of phytochemicals derived from the root exudates of arabidopsis to the soil reveal that phenolic-related compounds predominantly modulate the soil microbiome. **J. Biol. Chem.**, v.288, n.7, p.45024512, 2013. doi: 10.1074/jbc.M112.433300

BHATTACHARYYA, P.N.; JHA, D.K. Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (PGPR): emergência na agricultura. **World J. Microbiol. Biotechnol.**, v.28, n.4, 2012. doi: 10.1007/s11274-011-0979-9

BRANDÃO FILHO, J. U. T. et al. **Hortaliças fruto**. Maringá: EDUEM, 2018. 535 p. ISBN: 978-65-86383-01-0.

BRASIL. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Instrução normativa SDA Nº 13, de 24 de março de 2011. Diário oficial da união, Brasília, 2011.

CANBOLAT, M. et al. Effect of plant growth-promoting bacteria and soil compaction on barley seeding growth, nutrient uptake, soil properties and rhizosphere microflora. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 42, n. 3, p. 350-357, 2006.

CAROLINA SOIL. Cultivares Virgínia, sementes de tabaco Alliance One. Disponível em: <http://carolinasoil.com.br/outrosprodutos/>. Acesso em: 28 de outubro 2023.

CAROLINA SOIL. Cultivares Virgínia, sementes de tabaco Alliance One. Disponível em: <http://carolinasoil.com.br/outrosprodutos/>. Acesso em: 26 de mar. 2021.

COCCO, C. et al. Sistemas de irrigação e recipientes para a produção de mudas de fumo em hidroponia. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 14, n. 4, p. 27-37, 2008.

COSTA, L. C. et al. Desenvolvimento de cultivares de soja após inoculação de estirpes de *Bacillus subtilis*. **Nativa**, 7(2), 126-132, 2019.. <https://doi.org/10.31413/nativa.v7i2.6261>

COTRIM, D. S. et al. A caracterização dos agricultores familiares que cultivam tabaco no território Centro Sul/RS. **Revista do Desenvolvimento Regional**, Santa Cruz do Sul, v. 21, n. 3, p. 239 – 257, set./dez. 2016. Disponível em: < <https://online.unisc.br/seer/index.php/redes/article/view/7570/pdf>>. Acesso em: 29 de outubro de 2023

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

FOLHA DO MATE. **Tabaco**: Sustentabilidade norteia toda a cadeia produtiva. Disponível em: <https://folhadomate.com/noticias/tabaco-sustentabilidade-norteiatrabalho-de-toda-a-cadeia-produtiva/>. Acesso em: 13 de novembro de 2023.

GIOVELLI, J.; TABALDI A., L. Níveis de Fósforo e Inoculação de Sementes por *Bacillus megaterium* (CNPMS B119) e *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084) no Crescimento e Desenvolvimento de Plantas de Soja. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/24456>. Acesso em: 03 de novembro de 2023.

GONÇALVES, A. L. Recipientes, embalagens e acondicionamentos de mudas de plantas ornamentais. Produção de mudas de alta qualidade em horticultura. São Paulo: TA Queiroz, 1995.

GUPTA et al. Purification and characterization of a *Bacillus subtilis* keratinase and its prospective application in feed industry (2015). Disponível em: <https://abs.bibl.u-szeged.hu/index.php/abs/article/view/2882/2874>. Acesso em: 13 de maio de 2023.

HEEMANN, F. O cultivo do fumo e condições de saúde e segurança dos trabalhadores rurais. Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2009. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/22063>. Acesso em: 10 de maio de 2023

HARTHMANN, O.E.L. et al.- Rizobactérias no crescimento e na produtividade da cebola. **Ciência Rural**, vol. 40, n. 2, p. 462-465, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009005000256>. Acesso em: 02 de novembro de 2023.

KOTHE, H.G. 2009. Alliance One Brasil Exportadora de Tabacos Ltda. Relatório de estágio curricular obrigatório supervisionado da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 45p.

LANDEWYCK. (2022). Virginia, Burley, Orient e Dark Fire. Conhece as diferenças entre os quatro tipos de tabaco. Disponível em:

<https://blog.landewyck.com/pt/virginia-burley-orient-e-dark-fire-conhece-as-diferencas-entre-os-quatro-tipos-de-tabaco>. Acesso em: 28 de outubro de 2023.

LANNA FILHO, R. et al. Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis*. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**. 4. 12-20, 2010. 10.0000/rtcab.v4i2.145.

LINDEMANN, S.R. et al. 2016. Engineering microbial consortia for controllable outputs. ISME J 10, 2077–2084. Disponível em: Acesso em 13 de maio de 2023.

LIU, K.; MCINROY, J.A.; HU, C.H.; KLOEPPER, J.W. Mixtures of plantgrowth promoting rhizobacteria enhance biological control of multiple plant diseases and plant-growth promotion in the presence of pathogens. **Plant Disease** 102: 67–72. 2018.

LIU, S., YANG, B., LIANG, Y., XIAO, Y., FANG, J., 2020. Prospect of phytoremediation combined with other approaches for remediation of heavy metal-polluted soils. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 27, 16069–16085. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08282-6> Acesso em: 13 de maio de 2023.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. LEI Nº 6.934, DE 13 DE JULHO DE 1981.

Marulanda, A.; Barea, J.-M. & Azcón, R. (2009) - Stimulation of Plant Growth and Drought Tolerance by Native Microorganisms (AM Fungi and Bacteria) from Dry Environments: Mechanisms Related to Bacterial Effectiveness. *Journal of Plant Growth Regulation*, vol.

May, A.; Ramos, N.P.; Santos, M.S.; Silva, E.H.F.M.; Melo, I.S. Promoção de crescimento de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar inoculadas com *Bacillus aryabhattai* em diferentes frequências de irrigação. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2019. 26 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 80). <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195294/1/boletim-80-Andre.pdf>. 22 Jun. 2023. 28, n. 2, p. 115-124. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9079-6>. Acessado em: 02 de novembro de 2023.

Mazzucchelli, R.C.L. & Araújo, F.F. (2011) - Eficácia do controle de nematóides por *Bacillus subtilis* em duas variedades de cana-de-açúcar. *Colloquium Agrariae*, vol. 7, p. 51-58.

NASCIMENTO, W. M. Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças visando a germinação em condições de temperaturas baixas. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 23, n. 2, p. 211-214, 2005.

NASCIMENTO, W. M.; DIAS, D. C. F. S.; SILVA, P. P. Qualidade fisiológica da semente e estabelecimento de plantas de hortaliças no campo. In: CURSO SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE SEMENTES DE HORTALIÇAS, 11., 2011, Porto Alegre, Palestras [...] Porto Alegre: Embrapa, 2011. 16 p.

OLIVEIRA, E. 2010. Manejo cultural e melhoramento de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.). Relatório de estágio curricular obrigatório Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). 41p.

PARK Y., G, MUN B.,G, KANG S., M, HUSSAIN A, SHAHZAD R, SEO C., W, KIM A., Y, LEE S., U, OH K., Y, LEE D., Y, LEE I., J, YUN B., W. *Bacillus aryabhatai* SRB02 tolerates oxidative and nitrosative stress and promotes the growth of soybean by modulating the production of phytohormones. *PLoS One*. 2017 Mar 10;12(3):e0173203. doi: 10.1371/journal.pone.0173203. PMID: 28282395; PMCID: PMC5345817.

PEEK, D.R.; REED, T.D.; JOHNSON, C.S.; SEMTNER, P.J. WILKINSON, C.A. 2008. 2008 Burley tobacco production guide. Virginia Cooperative Extension. Virginia State University. Publication 436-050. 114p.

POLETTI, M. Produtores apostam nos biológicos para cultivo seguro e sustentável do tabaco. 2023. Disponível em: <https://www.sucessonocampo.com.br/produtores-apostam-nos-biologicos-para-cultivo-seguro-e-sustentavel-do-tabaco/>. Acesso em: 13 de novembro de 2023.

PROFIGEN. Visão Geral. Disponível em: <https://profigen.com.br/informacoes/aprenda-a-cultivar>. Acesso em: 28 de outubro 2023.

PROFIGEN. Aprenda a Cultivar. Santa Cruz do Sul, RS, (2020). Disponível em: <https://profigen.com.br/informacoes/aprenda-a-cultivar/mudas-102> . Acesso em: 09 de maio de 2023..

RAMESH, AKETI; SHARMA, SUSHIL K.; SHARMA, MAHAVEER P.; YADAV, NAMRATA; et al. Inoculação de cepas de *Bacillus aryabhatai* solubilizadoras de zinco para melhorar o crescimento, mobilização e biofortificação de zinco em soja e trigo cultivados em Vertisols da Índia central (2014). Disponível em: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201900188000>. Acesso em: 13 de maio de 2023.

RAASCH, L. D.; BONALDO, S. M.; OLIVEIRA, A. A. F. *Bacillus subtilis*: Enraizamento e crescimento de miniestacas de eucalipto em Sinop, norte de Mato Grosso, Brasil. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 29, Supplement 1, p. 1446-1457, nov. 2013.

REED, T.D.; PEEK, D.R.; JOHNSON, C.S.; SEMTNER, P.J. WILKINSON, C.A. 2012. 2012 Flue-cured tobacco production guide. Virginia Cooperative Extension. Virginia State University. Publication 436-048. 140p.

RUDNICK, C. S., WAQUIL, P. D. Relações contratuais no Sistema Integrado de Produção do Tabaco (SIPT): relações de confiança e contratos. In: SILVEIRA, R. L. L. da (Org). *Tabaco, Sociedade e Território: relações e contradições no Sul do Brasil*. 2012.

SINDITABACO NEWS. Mesmo com pandemia, tabaco é destinado para 113 países. *SindiTabaco News*, 2021, p.1. Disponível em: <http://www.sinditabaco.com.br/site/wp-content/uploads/2021/02/SindiTabacoNews40.pdf>. Acesso em: 31 de outubro de 2023.

SINDITABACO. Recebimento de embalagens de agrotóxicos. Disponível em: <http://www.sinditabaco.com.br/item/equipes-de-recebimento-de-embalagensseguem-para-o-litoral-catarinense/>. Acesso em: 18 de novembro de 2023.

SIMON, J. Revisão sobre saldo de radiação em plantas de cobertura contínua e descontínua e perspectivas para Sistemas Mistos (iLPF)/ Jones Simon – Palmas : Embrapa Pesca e Aquicultura, 2014. 40 p. : il. color. (Documentos / Embrapa Pesca e Aquicultura, ISSN 2318-1400; 6). 1.iLPF. 2.Sistemas Agrícolas. 3.Radiação Solar . I. Simon, Jones. II. Almeida, Rodrigo E. Munhoz. III. Séries.

SHARMA, C.K., VISHNOI, V.K., DUBEY, R.C. E MAHESHWARI, D.K. (2018). A twin rhizospheric bacterial consortium induces systemic resistance to a phytopathogen *Macrophomina phaseolina* in mung bean. *Rhizosphere* 5: 71–75. 15

SHUKLA, A., KUMAR, A., CHATURVEDI, O.P., NAGORI, T., KUMAR, N. E GUPTA, A. (2018). Efficacy of rhizobial and phosphate-solubilizing bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi to ameliorate shade response on six pulse crops. *Agroforestry Systems*. Springer Netherlands 92: 499–509

SINDITABACO. *Brasil & Tabaco – Liderança no mercado mundial (2020)*. Disponível em: <https://fpagropecuaria.org.br/2020/06/29/cultura-do-tabaco/>. Acesso em: 13 de maio de 2023.

SMIDERLE, O. J; SALIBE, A. B.; HAYASHI, A. H.; PACHECO, A. C.; MINAMI, K. Produção de mudas de alface, pepino e pimentão desenvolvidas em quatro substratos. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 18, p. 510-512, jul. 2000.

SOARES, E.L.C.et. al. Família Solanaceae no Parque Estadual de Itapuã, Viamão, Rio Grande do Sul, Brasil. Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, RS, v. 6, n. 3, p. 177-188, jul./set., 2008. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/ojs/index.php/rbb/article/viewFile/969/820>. Acesso em: 13 de maio de 2023.

STAVROPOULOU, A. About the action of metabolites of plant growth-promoting rhizobacteria *Bacillus subtilis* on plant salt tolerance (I). *Phytopathology and Plant Protection*, v. 44, n. 19, p. 1867-1882, 2011.

THIJS, S., VANGRONSVELD, J., 2015. Rhizoremediation. In: Lugtenberg, B. (Ed.), *Principles of Plant-Microbe Interactions*. Disponível em: Acesso em: 10 de out de 2022.

UMESHA, S., SINGH, P.K., SINGH, R.P., 2018. Microbial biotechnology and sustainable agriculture. In: Singh, R.L., Monda, S. (Eds.), *Biotechnology for Sustainable Agriculture*. Woodhead Publishing, Sawston, pp. 185–205. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812160-3.00006-4> Acesso em: 13 de maio de 2023.

UNIFUMO. Cultura do fumo. [Pouso Redondo, SC], [20--?]. Disponível em: www.unifumo.com.br. Acesso em: 10 de maio de 2023.

VAN DER HEIJDEN, M.G.A., BRUIN, D.S., LUCKERHOFF, L., et al. (2016). A widespread plant-fungal-bacterial symbiosis promotes plant biodiversity, plant nutrition and seedling recruitment. *The ISME Journal* 10: 389–399.

VERMA, S.K., KINGSLEY, K., BERGEN, M., ENGLISH, C., ELMORE, M., KHARWAR, R.N. E WHITE, J.F. (2018). Bacterial endophytes from rice cut grass (*Leersia oryzoides* L.) increase growth, promote root gravitropic response, stimulate root hair formation, and protect rice seedlings from disease. *Plant and Soil* 422: 223–238.

VIVANCO-CALIXTO, R.; et al. Reto agrobiotecnológico: inoculantes bacterianos de segunda generación. *Alianzas y Tendencias*, v. 1, n. 1, 2016.

ZIMMERMANN, M. Convenção-Quadro para o Controle do Tabaco: perspectivas da fumicultura na região sul do país. Itajaí; s.n; 2009.

ZAIDI, A.,& KHAN, M. S. (2006). Co-inoculation Effects of Phosphate Solubilizing Microorganisms and *Glomus fasciculatum* on Green Gram-*Bradyrhizobium* Symbiosis. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30 (3), 223-230. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tbtkagriculture/issue/11621/138452>