

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
CAMPUS DE CURITIBANOS
CURSO DE AGRONOMIA

Rubi Marcelo de Souza

Coinoculação de alho com *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens*

Curitibanos

2022

Rubi Marcelo de Souza

Coinoculação de alho com *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens*

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.
Orientador: Prof. Sonia Purin da Cruz *Ph.D.*

Curitibanos

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Souza, Rubi Marcelo
Coinoculação de alho com *Azospirillum brasilense* e
Pseudomonas fluorescens / Rubi Marcelo Souza ; orientador,
Sonia Purin da Cruz, 2022.
68 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2022.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Sustentabilidade. 3. Microrganismos.
4. Coinoculação. 5. Alho. I. Cruz, Sonia Purin da. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Agronomia. III. Título.

Rubi Marcelo de Souza

Coinoculação de alho com *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens*

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Agronomia

Curitibanos, 04 de março de 2022



Documento assinado digitalmente
Samuel Luiz Fioreze
Data: 09/03/2022 08:21:18-0300
CPF: 052.258.059-90
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Samuel Luiz Fioreze
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof.(a) Sonia Purin da Cruz, *Ph. D.*
Orientador(a)
Universidade Federal de Santa Catarina

Eng. Agr. Ronaldo Kazuo Sakai
Avaliador(a)
Rizobacter, PR

Eng. Agr. Heraldo Alex Kemer
Avaliador(a)
Bayer Crop Science, SC

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus pela oportunidade de aprendizado nessa etapa da vida

A família por estarem sempre juntos nessa caminhada.

A professora Sonia pela oportunidade, paciência e por compartilhar seus conhecimentos sempre de forma prestativa.

Aos amigos de caminhada e de projeto, que sempre foram fundamentais para todos os momentos de luta e aprendizado.

A todos os professores e funcionários da UFSC – Curitibanos, tanto pela disponibilidade em diversos momentos, quanto pela cordialidade.

E a todos que de alguma forma participaram direta ou indiretamente nesse período de estudo.

Obrigado!!!

RESUMO

O alho é cultivado há mais de 5.000 anos e foi introduzido no Brasil desde a época do descobrimento. Possui diversas aplicações que vão desde o uso como temperos até em aplicações medicinais. A produção de alho no Brasil foi próxima a 155.700 toneladas na safra 2020/21, no entanto, não foi suficiente para suprir a demanda interna, sendo necessária a importação de outros países, porém, os preços praticados no exterior dificultam a comercialização do produto no mercado nacional com valores por vezes, abaixo do preço de produção. A cultura do alho é altamente exigente em adubação, o que encarece o seu custo de produção, e a busca por alternativas que possibilitem manter índices produtivos a um menor custo e de maneira sustentável devem ser buscadas. Dessa maneira, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta da cultura do alho à coinoculação com *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens* associada a redução de 25 % da adubação com NPK. O experimento foi conduzido no município de Brunópolis – SC no período de junho a dezembro de 2021. Foi realizado um delineamento em blocos casualizados e foram avaliados cinco tratamentos (T1: 100% NPK; T2: 75% NPK; T3: 75% NPK + 0,5 L ha⁻¹ de inoculante; T4: 75% NPK + 1,0 L ha⁻¹ de inoculante; T5: 75% NPK + 1,5 L ha⁻¹ de inoculante). Foram realizadas coletas de dados de estatura no período de desenvolvimento da cultura, além de coleta de dados no período pré-cura para determinar diâmetro de bulbo, massa de plantas frescas, estatura, diâmetro de pseudocaule e número de folhas, além de coleta de dados no período pós-cura com as variáveis de diâmetro de bulbo, número de bulbilhos, massa de bulbos, massa da parte aérea pós-cura e produtividade. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e de acordo com os resultados as variáveis de estatura durante o ciclo da cultura, diâmetro de bulbo e massa de plantas frescas no período de pré-cura e diâmetro de bulbo, massa de bulbos, massa de parte aérea e produtividade em pós-cura não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos. A variável número de bulbilhos foi a que apresentou melhor resposta à coinoculação com média de 6,5 bulbilho por bulbo no T5. As demais variáveis não foram alteradas de maneira positiva pela coinoculação. Através dos resultados obtidos, novos estudos são recomendados, dada a importância da cultura em diversas regiões do país, além da necessidade de alternativas viáveis que possibilitem manter a produtividade com economia para os produtores de alho.

Palavras-chave: *Allium sativum*. Sustentabilidade. Rizobactérias.

ABSTRACT

Garlic has been cultivated for over 5.000 years and has been introduced to Brazil since the time of discovery. It has several applications ranging from use as seasonings to medicinal applications. Garlic production in Brazil was close to 155.700 tons in the 2020/21 harvest, however, it was not enough to meet domestic demand, requiring imports from other countries, however, prices abroad make it difficult to commercialize garlic product in the national market with values sometimes below the production price. The garlic crop is highly demanding in terms of fertilization, which increases its production cost, and the search for alternatives that make it possible to maintain production rates at a lower cost and in a sustainable way must be sought. Thus, the objective of this work was to evaluate the response of the garlic crop to co-inoculation with *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens* associated with a 25% reduction in fertilization with NPK. The experiment was conducted in the municipality of Brunópolis - SC from June to December 2021. A randomized block design was carried out and five treatments were evaluated (T1: 100% NPK; T2: 75% NPK; T3: 75% NPK + 0,5 L ha⁻¹ of inoculant; T4: 75% NPK + 1,0 L ha⁻¹ of inoculant; T5: 75% NPK + 1,5 L ha⁻¹ of inoculant). Height data were collected during the crop development period, in addition to data collection in the pre-curing period to determine bulb diameter, fresh plant mass, height, pseudostem diameter and number of leaves, in addition to data collection in the post-curing period with the variables of bulb diameter, number of bulbils, bulb mass, post-curing shoot mass and productivity. The data obtained were submitted to analysis of variance (ANOVA) and, according to the results, the variables of height during the crop cycle, bulb diameter and fresh plant mass in the pre-curing period and bulb diameter, bulb mass, shoot mass and post-cure productivity did not show statistical differences between treatments. The variable number of cloves showed the best response to co-inoculation with an average of 6,5 cloves per bulb at T5. The other variables were not positively altered by co-inoculation. Through the results obtained, further studies are recommended, given the importance of the culture in different regions of the country, in addition to the need for viable alternatives that make it possible to maintain productivity with economy for garlic producers.

Keywords: *Allium sativum*. Sustainability. Rhizobacteria.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Local da implantação do experimento, em destaque com retângulo vermelho.	26
Figura 2 – Preparo do solo com aradora 40 dias antes do plantio.	27
Figura 3 – Formação dos canteiros com enxada rotativa. A) Primeira passada da enxada rotativa, B) Canteiros prontos para o plantio.	28
Figura 4 – Classificação dos bulbilhos por tamanho.	29
Figura 5 – Canteiros de alho um mês após o plantio.	30
Figura 6 – Plantas de alho em 14/08, no momento da segunda coleta de dados referentes a estatura.	32
Figura 7 – A) Feixes de alho para coleta de dados pós-cura, B) Alho na colheita.	33
Figura 8 – Alho armazenado no período de cura.	33
Figura 9 – Análise de regressão para a variável estatura das plantas em função da dose de inoculante aplicada, em experimento conduzido em Brunópolis SC, na safra 2021.	38
Figura 10 – Análise de regressão para a variável diâmetro do pseudocaule em função da dose de inoculante aplicada, em experimento conduzido em Brunópolis SC, na safra 2021.	39
Figura 11 – Análise de regressão para a variável número de folhas em função da dose de inoculante aplicada, em experimento conduzido em Brunópolis SC, na safra 2021.	40
Figura 12 – Análise de regressão para a variável número de bulbilhos em função da dose de inoculante aplicada, em experimento conduzido em Brunópolis SC, na safra 2021.	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores médios da variável estatura em três coletas de dados, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.	35
Tabela 2 – Valores médios da variável diâmetro de bulbo na pós-colheita, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.	36
Tabela 3 - Valores médios da variável massa de plantas frescas, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.....	36
Tabela 4 - Valores médios da variável estatura das plantas ao final do ciclo, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.	37
Tabela 5 - Valores médios da variável diâmetro do pseudocaule após a colheita, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.	38
Tabela 6 - Valores médios da variável número de folhas, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.....	40
Tabela 7 - Valores médios da variável diâmetro de bulbo na pós-cura, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.	41
Tabela 8 - Valores médios da variável número de bulbilhos, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.....	42
Tabela 9 - Valores médios da variável massa de bulbos, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.....	43
Tabela 10 - Valores médios da variável massa da parte aérea pós-cura, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.	44
Tabela 11 - Valores médios da variável produtividade, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
DAR	Dose de Adubação Recomendada
DAP	Dias Após o Plantio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
K	Potássio
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
MPCP	Microrganismos Promotores de Crescimento de Plantas
N	Nitrogênio
P	Fósforo
S.....	Enxofre

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	OBJETIVOS.....	15
1.1.1	Objetivo Geral.....	15
1.1.2	Objetivos Específicos	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E AGRONÔMICAS DO ALHO	16
2.1.1	Adubação	16
2.2	PREPARO CONVENCIONAL DO SOLO PARA CULTIVO DO ALHO	18
2.3	MICROORGANISMOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO DE PLANTAS ..	18
2.3.1	Utilização de <i>Azospirillum brasilense</i> na agricultura.....	19
2.3.2	Uso de <i>Pseudomonas fluorescens</i> na agricultura.....	19
2.4	COINOCULAÇÃO	21
2.5	ESTUDOS SOBRE INOCULAÇÃO NA CULTURA DO ALHO	21
3	MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	26
3.2	MANEJO PRÉ-PLANTIO	27
3.2.1	Preparo do solo	27
3.3	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	29
3.4	PLANTIO E COINOCULAÇÃO.....	31
3.5	COLETA DE DADOS	31
3.5.1	Estatura durante o crescimento da cultura.....	31
3.5.2	Coleta de dados ao final do ciclo	32
3.6	ANÁLISE DOS DADOS	33
4	RESULTADOS	35
4.1	ESTATURA DURANTE O CRESCIMENTO DA CULTURA.....	35
4.2	COLETA DE DADOS AO FINAL DO CICLO, PRÉ-CURA	35

4.2.1	Diâmetro de bulbo	35
4.2.2	Massa de plantas frescas	36
4.2.3	Estatura	37
4.2.4	Diâmetro do pseudocaulo	38
4.2.5	Número de folhas	39
4.3	COLETA DE DADOS AO FINAL DO CICLO, PÓS-CURA	41
4.3.1	Diâmetro de bulbo	41
4.3.2	Número de bulbilhos.....	41
4.3.3	Massa de bulbos	43
4.3.4	Massa da parte aérea pós-cura	43
4.3.5	Produtividade	44
5	DISCUSSÃO	45
6	CONCLUSÃO.....	54
	REFERÊNCIAS.....	55
	ANEXOS.....	61

1 INTRODUÇÃO

O alho (*Allium sativum* L.) é uma planta originária da Ásia e cultivada há mais de 5.000 anos pelos povos do oriente médio. Foi introduzida no Brasil na época do descobrimento e era cultivada somente em quintais até metade do Século XX, onde a partir daí a cultura ganhou importância econômica (RESENDE; HABER; PINHEIRO, 2015). Da família Alliaceae, é uma planta aromática utilizada como tempero e também com aplicações medicinais e farmacológicas devido as suas propriedades (MENEZES SOBRINHO *et al.*, 1993).

No Brasil, a área total cultivada no ano de 2020 foi de aproximadamente 12.223 ha e gerou uma produção de 155.700 ton. O rendimento médio nacional foi de 12.738 kg ha⁻¹. No estado de Santa Catarina o rendimento foi de 7.695 kg ha⁻¹, se mantendo abaixo da média nacional (IBGE, 2020). A produção de alho no Estado de Santa Catarina é realizada principalmente por pequenos agricultores, com o uso de mão de obra familiar com uma área plantada de 1.758 ha na safra 2021/22. Esta área representa um aumento de 2,32% em relação ao ano anterior e a estimativa de colheita é de aproximadamente 17.949 ton do produto, com rendimento médio esperado de 10.210 kg ha⁻¹ (EPAGRI, 2021)

Devido a taxa de consumo de alho no país, a produção interna não é capaz de suprir a demanda do produto, sendo necessária a importação de outros países para atender o mercado. Porém, os preços praticados por países como a China fazem com que o alho importado chegue ao Brasil com preços inferiores aos praticados no mercado interno, dessa maneira, prejudicando a comercialização nacional, pois o produtor brasileiro não consegue competir com o produto importado. Desse modo, a busca por alternativas viáveis e sustentáveis, que possibilitem uma redução nos custos de produção e tornem a cultura economicamente viável para o produtor, de maneira que seja possível competir com o mercado externo, carecem de pesquisas básicas e aplicadas neste sentido (CONAB, 2020).

Entre as alternativas já empregadas em outras culturas como milho e soja, e de maneira a potencializar a produção de maneira sustentável e com menor custo, está o uso dos microrganismos promotores de crescimento. A utilização destes microrganismos permite manter bons índices produtivos, reduzir a adubação sintética e auxiliar a atividade biológica do solo (SANDINI *et al.*, 2019).

Entre os microrganismos utilizados para melhorar os índices produtivos pode-se mencionar *Azospirillum brasilense*, uma bactéria muito utilizada em culturas de gramíneas e com capacidade de realizar a fixação biológica de nitrogênio (FBN) e que também atua na síntese de fito-hormônios benéficos as plantas (HUNGRIA, 2011). Porém, é possível utilizar mais de um grupo de microrganismos benéficos as plantas, um método conhecido como coinoculação, que já é uma tecnologia consolidada, com produtos registrados, e que permite potencializar os efeitos benéficos dos microrganismos à cultura (PEREIRA *et al.*, 2021). Desse modo, bactérias do gênero *Pseudomonas* tem sido estudadas e utilizadas em inoculantes para algumas culturas, principalmente soja e milho. Estas bactérias podem atuar no controle biológico de alguns patógenos através da produção de antibióticos (SANTOS *et al.*, 2010), além da sua capacidade de solubilizarem os fosfatos retidos no solo, que não são disponíveis para as plantas (OLIVEIRA *et al.*, 2015). No Brasil, entretanto, trabalhos dessa natureza ainda não são reportados.

Estudos no sentido de avaliar os efeitos dos microrganismos também se justificam, devido a cultura do alho ser altamente exigente em nutrientes como fósforo (P), potássio (K) e nitrogênio (N), tendo seus teores críticos até 1,7 vezes maiores que o das culturas de grãos, o que exige alto investimento em adubação (SBCS, 2016). Outro fator associado a altas quantidades de adubação química é a eutrofização, quando o manejo inadequado da adubação pode levar ao escoamento superficial ou a lixiviação de P e N, onde estes alcançam corpos d'água, levando a poluição destes locais através do crescimento excessivo de plantas aquáticas de modo a causar interferências nos processos naturais da biota local (SPERLING, 2014). Visto que o uso de microrganismos em outras culturas pode reduzir os níveis de fertilizantes significativamente (em alguns casos até eliminando), o mesmo deve ser estudado em relação ao alho.

Levando em consideração as necessidades de um modo de produção economicamente viável e sustentável para a cultura do alho, e devido à escassez de trabalhos encontrados na literatura nacional e internacional o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da coinoculação com *A. brasilense* e *P. fluorescens* na cultura do alho.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o desenvolvimento e a produtividade da cultura do alho a diferentes doses de inoculante com redução da adubação com NPK.

1.1.2 Objetivos Específicos

Analisar o crescimento vegetativo da cultura através da mensuração de altura e número de folhas.

Avaliar diâmetro do pseudocaule, bulbos, altura e massa de plantas no pós-colheita.

Avaliar a massa da parte aérea, bem como massa, diâmetro, classificação de bulbos e produtividade no período pós-cura.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E AGRONÔMICAS DO ALHO

O alho é pertencente à família Alliaceae e pode atingir até 60 cm de altura conforme o cultivar. Possui folhas alongadas, cerosas e estreitas, onde as bainhas formam o pseudocaulo e na região basal do vegetal forma-se o bulbo. A planta também apresenta um caule verdadeiro que é constituído de um disco achatado de onde saem as folhas e as raízes. As raízes geralmente são pouco ramificadas e possuem entre 30 e 50 cm de comprimento, e podem alcançar até 1 m de profundidade (RESENDE; HABER; PINHEIRO, 2015).

A parte utilizável da planta é o bulbo, que por sua vez é composto por diversos bulbilhos. Estes são ricos em amido e substâncias aromáticas, e é empregado na culinária como condimento, além de possuir uso medicinal ou como produto fitoterápico. Cada bulbilho pode originar uma nova planta após a brotação, sendo esta parte utilizada para propagação vegetativa da cultura, visando a produção comercial. (FILGUEIRA, 2008).

2.1.1 Adubação

A cultura do alho possui alta exigência nutricional e com boa resposta à adubação química e também orgânica. Além da adubação o manejo adequado do solo é de extrema importância para o enraizamento e formação de bulbos. A extração de nutrientes da cultura está diretamente relacionada ao desenvolvimento e crescimento (LUZ *et al.*, 2019). Entre os principais nutrientes exportados pelas culturas, destacam-se N, K, S, Ca, P e Mg, em ordem decrescente. Apesar de o P não ser o mineral mais demandado pela cultura, está diretamente relacionado a produtividade e ao tamanho do bulbo (FILGUEIRA, 2008). Os micronutrientes também são essenciais à produtividade, com maior extração de Fe, Zn e Mn além da necessidade de suplementação de B durante o cultivo (RESENDE; HABER; PINHEIRO, 2015).

A adubação nitrogenada é essencial na produtividade da cultura, porém o excesso pode causar o superbrotamento (FILGUEIRA, 2008). A quantidade de N necessária para o ciclo da cultura pode chegar a até 350 kg N ha⁻¹ em locais com teores de matéria orgânica menores que 2,5 %. A recomendação de aplicação para a adubação nitrogenada é através de aplicações

parceladas em até 3 vezes sendo 1/3 no plantio, 1/3 entre 25 e 45 dias após o plantio e a terceira dose com o 1/3 restante entre 10 e 15 dias após a diferenciação. Esta última dose deve ser condicionada ao vigor das plantas, devido ao superbrotamento (pseudoperfilhamento), principalmente em cultivares suscetíveis. A aplicação em excesso de N, ou aplicação fora dos períodos indicados também pode favorecer bacterioses (SBCS, 2016).

Analisando diferentes doses de N, Lipinski e Gaviola (2006) avaliaram a produtividade do alho em função de doses de nitrogênio, e observaram um rendimento médio superior a 14 ton ha⁻¹ com doses superiores a 150 kg N ha⁻¹. A qualidade dos bulbos e o diâmetro médio também foram superiores nas doses mais altas, porém, em quantidades até 300 kg N ha⁻¹ não foram observadas diferenças estatísticas se comparadas as doses de 150 kg N ha⁻¹.

Entretanto, doses muito elevadas de N podem causar o pseudoperfilhamento, conforme avaliado por Büll *et al.* (2002), onde foram avaliadas doses de até 320 kg N ha⁻¹ na cultura do alho. Foram observados aumento na porcentagem de plantas com excesso de brotação e maior concentração de N nas plantas avaliadas, chegando a 43% de ocorrência de pseudoperfilhamento nas doses de 320 kg ha⁻¹ e 17 % na dose de 40 kg ha⁻¹. Dessa maneira, é possível perceber um nível linear entre a importância do nutriente para a produtividade da planta e os problemas oriundos do excesso desse mineral.

Outro nutriente essencial, apesar de não ser o mais demandado pela planta, é o fósforo, que tem impacto direto na massa e tamanho dos bulbos, influenciando diretamente na produtividade da cultura. Devido a dinâmica do P no solo e sua baixa mobilidade, este nutriente pode estar disponível em pequenas quantidades, o que pode limitar a produção da cultura (FILGUEIRA, 2008). A adubação fosfatada geralmente é realizada a lanço e incorporada na última gradagem, ou na construção dos canteiros com a utilização de enxada rotativa (RESENDE; HABER; PINHEIRO, 2015). As quantidades utilizadas de P na forma de P₂O₅ podem variar de 200 a 570 kg ha⁻¹, conforme os teores disponíveis do nutriente no solo (SBCS, 2016).

Büll *et al.* (2004) testaram doses e formas de aplicação de fósforo em alho vernalizado com doses de 10, 200, 400 e 800 kg P ha⁻¹ e observaram que a produtividade do bulbo aumentou conforme as doses de P eram maiores. Na dose de 400 kg ha⁻¹ o peso médio para 4 bulbos foi de 110 g, valor superior ao observado na dose aplicada de 100 kg ha⁻¹ que foi de 95 g por 4 plantas. Em estudos avaliando produtividade da cultura de alho em função das doses de P, Macêdo *et al.* (2011) utilizaram doses de 0, 200, 400 e 600 kg P₂O₅ ha⁻¹. Os resultados obtidos

referentes a produtividade média dos bulbilhos foi de 462,00 g $0,6\text{m}^{-2}$ para a testemunha e de 727,33 g $0,6\text{m}^{-2}$ para o tratamento de 200 kg $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$, evidenciando o aumento de produtividade relacionado a adubação fosfatada.

2.2 PREPARO CONVENCIONAL DO SOLO PARA CULTIVO DO ALHO

O método mais utilizado de preparo do solo para produção de alho é do modo convencional, com revolvimento da camada superficial. Geralmente é realizada uma aração com aproximadamente 20 cm de profundidade, entre 45 a 60 dias antes do plantio. Também é feito de uma a duas gradagens no local para desterroar o solo. A primeira gradagem é realizada após a aração e a segunda em um período próximo ao plantio. Após estes procedimentos é realizado o encanteiramento com o uso de enxada rotativa (RESENDE; HABER; PINHEIRO, 2015). Com o revolvimento do solo e sua exposição direta à luz solar, ocorre uma intensa atividade microbiana atuando na decomposição da matéria orgânica, o que empobrece rapidamente o local que foi revolvido e diminui drasticamente a vida presente no solo (PRIMAVESI, 2002).

A importância da manutenção de microrganismos benéficos as culturas se reflete em melhores índices de produtividade, como constatado por Mendes *et al.* (2018), que avaliaram bioindicadores de atividade biológica no solo e constataram que locais mais produtivos possuíam maior atividade de microrganismos. Em estudos conduzidos na cultura da soja, a produtividade em solos biologicamente ativos foi de 1.200 kg ha^{-1} a mais do que em solos com baixa atividade microbiana.

2.3 MICRORGANISMOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO DE PLANTAS

Nos últimos anos a necessidade de se aumentar a produção com menores custos, de maneiras sustentáveis e sem a abertura de novas áreas tem sido um desafio na área da pesquisa. Porém, como alternativa de produção a utilização de microrganismos promotores de crescimento de plantas (MPCP), tem se mostrado um meio viável, eficiente e barato de aumentar a produtividade de diversas culturas, como soja e milho. Entre alguns dos benefícios proporcionados por estes microrganismos estão a fixação biológica de nitrogênio (FBN), solubilização de fosfatos retidos nos coloides do solo, produção de fito-hormônios e controle

biológico de alguns patógenos. Entre os microrganismos utilizados e com benefícios comprovados na agricultura estão as espécies *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens* (GOMES *et al.*, 2011).

2.3.1 Utilização de *Azospirillum brasilense* na agricultura

O gênero *Azospirillum* é constituído por um grande grupo de bactérias de vida livre e que podem ser endofíticas facultativas. Atualmente a espécie *A. brasilense* tem sido empregada, principalmente em culturas de gramíneas, devido as suas características benéficas, que estimulam o crescimento e a produtividade das plantas. Entre benefícios promovidos por estas bactérias estão a capacidade de realizar FBN, que supre uma parte das necessidades de N das culturas e a síntese de fito-hormônios como auxinas, giberelinas e citocininas, proporcionando maior crescimento de raízes, o que possibilita melhor absorção de nutrientes e maior tolerância ao estresse hídrico, além de incremento na produção de biomassa da parte aérea (HUNGRIA, 2011).

Em gramíneas, por exemplo, Hungria e Nogueira (2017) em estudos da inoculação de *A. brasilense* em braquiárias (*Brachiaria* spp.), observaram um teor de 10% a mais de N da parte aérea quando comparado à testemunha e 15% de incremento de peso da biomassa da parte aérea. Estes valores indicam que para algumas culturas a inoculação é um método viável e permite redução nos custos.

Já em relação a cultura do alho, apenas um trabalho é reportado. Domenico (2019) avaliou os efeitos de *A. brasilense* na cultura do alho e os resultados encontrados indicaram um diâmetro de bulbo 23% maior no tratamento com aplicação de inoculante, e aproximadamente 48% a mais de massa de bulbos quando comparados com a testemunha. Também houve incremento de massa de raízes nas plantas inoculadas com *A. brasilense* representando cerca de 37% de incremento em relação ao tratamento controle.

2.3.2 Uso de *Pseudomonas fluorescens* na agricultura

Nos últimos anos, bactérias do gênero *Pseudomonas* vem sendo extensivamente estudadas em culturas soja e milho. Entre os benefícios estudados estão o controle biológico de

alguns patógenos (SANTOS *et al.*, 2010) e a capacidade de produção de substâncias capazes de solubilizar fosfatos na forma não-lábil que estão presentes no solo (OLIVEIRA *et al.*, 2015). O P aplicado no solo é muito pouco móvel e após um período pode se ligar covalentemente aos óxidos presentes em solos muito intemperizados, ou em situações de pH elevado podem se ligar a outros minerais com Ca e desse modo ficarem indisponíveis para as plantas. Alguns trabalhos realizados sobre disponibilidade de P chegaram a encontrar valores de apenas 20 a 28% do mineral disponível após um ano de aplicação, conforme o tipo de solo em que é aplicado (SBCS, 2007). Quando se considera que as reservas de P no mundo são extremamente limitadas, além dos problemas oriundos do mau uso na aplicação de P como a eutrofização, e como este nutriente é limitante para o rendimento das culturas, a pesquisa com bactérias solubilizadoras de fosfatos é de extrema importância para ser um suporte complementar à adubação mineral, atuando de maneira sustentável na produção de alimentos (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Nesse sentido, estudos com a espécie *P. fluorescens* tem sido realizados em diversas partes do mundo, e corroboram para enfatizar o potencial de aumento, relativo a algumas variáveis como produtividade e crescimento. No estudo realizado por Elekhtyar (2015), na cultura do arroz com aplicação de *P. fluorescens*, alguns dos resultados obtidos constataram maior tamanho da panícula e aumento no rendimento de grãos, além de maior aporte de massa seca de raiz com 70% a mais de peso, e ganho de massa fresca de até 43%, quando comparados ao tratamento controle. A biomassa da parte aérea obteve incremento de 22% se comparados a testemunha.

Em outro estudo com inoculação de *P. fluorescens*, porém, na cultura do milho, Sandini *et al.* (2019) avaliaram produtividade da cultura, com redução de 25% da adubação nitrogenada, e com os índices de produção nos mesmos parâmetros dos tratamentos com a adubação total recomendada. Também foi observado um acúmulo de 29% de biomassa em relação a testemunha, sem inoculação.

No entanto, não foram encontrados estudos de inoculação com *P. fluorescens* na cultura do alho, tornando a pesquisa nesse sentido um fator importante, para avaliar os possíveis efeitos da inoculação deste microrganismo na cultura.

2.4 COINOCULAÇÃO

A coinoculação é uma tecnologia já consolidada, que consiste na utilização de mais de um microrganismo benéfico a cultura, com intuito de potencializar os benefícios dos mesmos. Dessa maneira é possível utilizar a inoculação com *A. brasilense* e seus benefícios relativos a FBN e síntese de fito-hormônios, e adicionar *P. fluorescens* com a capacidade de solubilizar fosfatos, dessa maneira, favorecendo os benefícios dos MPCP as culturas de interesse. Como os fito-hormônios podem propiciar maior crescimento de raízes, aumentando a sua área de absorção de nutrientes, a solubilização de fosfatos permite maior disponibilidade do nutriente, e se considerando a baixa mobilidade de P no solo, o maior aporte de raízes, torna esta uma combinação ideal para o aproveitamento do nutrientes. Esta técnica, além de maximizar benefícios, permite uma redução nas quantidades de adubos químicos, além de possibilitar uma redução nos custos de plantio (HUNGRIA; NOGUEIRA, 2014; SANDINI *et al.*, 2019).

2.5 ESTUDOS SOBRE INOCULAÇÃO NA CULTURA DO ALHO

Apesar de existirem estudos com aplicação de inoculantes para diversas espécies cultivadas, trabalhos com MPCP na cultura do alho são escassos, porém, alguns estudos com diferentes microrganismos podem ser encontrados na literatura mundial. No trabalho realizado por Das *et al.* (2020), foram avaliadas diferentes doses de adubação com NPK (50, 75 e 100%) combinadas com bactérias fixadoras de N (*Azospirillum lipoferum* e *Azobacter chroococcum*), uma bactéria solubilizadora de fosfato (*Bacillus polymixa*), micorrizas arbusculares, e um solubilizador de K (*Fraturia aurantea*). Entre os parâmetros avaliados que apresentaram os melhores resultados, o tratamento com a combinação de NPK (100%) + *A. lipoferum* + *B. polymixa* + *F. aurantea* foi superior ao controle (NPK 100%) na avaliação de massa de bulbilho. O tratamento com utilização dos MPCP gerou valor médio de 1,12 g e para a testemunha a massa média foi de 0,89 g. Na avaliação de rendimento por parcela, a produtividade observada foi de 0,95 kg m² para o tratamento com inoculação e 0,69 kg m² para a testemunha. Na projeção de rendimento por hectare, foram observados os valores de 7,12 ton ha⁻¹ para o tratamento com aplicação de inoculante e 5,20 ton ha⁻¹ para o tratamento controle. Os tratamentos com redução de adubação não apresentaram valores superiores a testemunha. A aplicação de MPCP não proporcionou ganhos em valores com redução de adubação, porém,

potencializou os rendimentos da cultura, nos tratamentos com adubação recomendada completa, o que é um aspecto interessante relacionado ao ganho financeiro para o produtor.

Algumas estirpes, porém, podem favorecer o rendimento da cultura com redução da aplicação de adubação. Wang *et al.* (2020) analisou o potencial de FBN com inoculação na cultura do alho, utilizando *Pseudomonas protegens* e uma estirpe mutante da mesma bactéria, a CHAO- Δ retS-nif, com redução de 25% na adubação nitrogenada. O rendimento da cultura com a inoculação da bactéria modificada geneticamente e com adubação de N reduzida foi de 34,25 ton ha⁻¹, enquanto que o rendimento do tratamento sem inoculação foi de 30,58 ton ha⁻¹, representando um acréscimo de 11,7% na produtividade. A população bacteriana foi maior na rizosfera e a incidência de podridão de raiz foi menor nos tratamentos com inoculação.

A aplicação de bactérias solubilizadoras de K também demonstrou resultados promissores. O K é o segundo macronutriente mais extraído do solo pela planta de alho, e apesar de não fazer parte de nenhuma estrutura do vegetal, é um agente importante para diversas funções da planta (FILGUEIRA, 2008). Nos estudos de inoculação com *Bacillus mucilaginosus*, Mounir, Yasser e Khalil (2020) avaliaram diferentes doses de sulfato de potássio utilizando 0, 50, 75 e 100% da dose recomendada e inoculando *B. mucilaginosus*. No rendimento total após o período de cura, os tratamentos com 75 e 100% da adubação recomendada não diferiram entre si, com valores de 12.880 kg ha⁻¹ e 12.497 kg ha⁻¹. Porém, esses resultados foram superiores aos observados no tratamento controle, que apresentou rendimento pós cura de 11.881 kg ha⁻¹, representando rendimentos acima de 500 kg ha⁻¹ com a adubação potássica complementada com inoculação. O diâmetro médio de bulbo também foi maior no tratamento com aplicação de inoculação, com 6,14 cm de diâmetro e 5,75 cm para o controle, representando um incremento de 6,35%.

O enxofre (S) é um macronutriente essencial para cultura do alho, e um dos minerais mais exportados pelas plantas (FILGUEIRA, 2008). Está presente em proteínas, na clorofila e auxilia no crescimento vegetal, além de algumas de suas propriedades aromáticas serem ricas nesse elemento. Youssif, Hosna e Amara (2015) avaliaram a resposta da cultura com a aplicação de enxofre, enxofre foliar e inoculação de bactérias oxidativas de enxofre (*Pseudomonas* sp.). Foram testadas diferentes combinações dos três materiais e a avaliação de rendimento foi de 12,4 ton ha⁻¹ para o controle e 28,33 ton ha⁻¹ para o tratamento com aplicação de inoculante + 1.785 kg S ha⁻¹ + pulverizações de 4% de S foliar. Quando comparada a produtividade entre os tratamentos, foi observado um acréscimo de 56,23%. Os tratamentos com utilização de S

suplementar e aplicação de inoculante também demonstraram valores superiores em outros parâmetros avaliados, quando comparados a testemunha e também aos outros tratamentos com aplicação de S porém, sem a utilização de inoculantes, demonstrando a eficácia da inoculação com adubação complementar de S para o rendimento da cultura.

Considerando a importância dos nutrientes K e S e para avaliar o potencial de aproveitamento destes minerais com a inoculação, Gouda e Mosa (2015) testaram a redução de adubação potássica e de enxofre (0, 50, 75 e 100% da dose recomendada) com a aplicação de inoculantes com bactérias solubilizadoras de silicatos e *Thiobacillus* spp. Os resultados obtidos em relação ao diâmetro de bulbo foram de 5,38 cm para o tratamento com utilização de 100% de adubação + inoculação e 4,19 cm de diâmetro para o tratamento somente com adubação. Quando comparado com a testemunha (0% de adubação e sem inoculação), o diâmetro médio foi de 3,41 cm, uma diferença de aproximadamente 36%. Se observados os rendimentos médios por hectare, as maiores médias foram obtidas nos tratamentos com utilização de adubação completa e inoculação, com rendimentos observados de 20.471 kg ha⁻¹. Quando comparados ao controle, que apresentou média de 11.883 kg ha⁻¹, verifica-se uma diferença de 42% no rendimento da cultura. Dessa maneira, a inoculação age de maneira a potencializar a adubação de K e S gerando expressivos rendimentos na produtividade da cultura.

A inoculação na cultura do alho também pode ser utilizada visando o aproveitamento do P retido no solo. Bento *et al.* (2015) em um trabalho com a cultura do alho realizado no Estado de Goiás, testaram diferentes doses de adubação fosfatada e aplicação de microrganismos solubilizadores de fosfato. Os resultados mais proeminentes encontrados foram nos tratamentos sem aplicação de P₂O₅, indicando boa resposta dos inoculantes para a cultura. Com a aplicação de inoculante a produtividade comercial foi de 5.655,12 kg ha⁻¹, e quando comparada a produtividade com a testemunha, que apresentou o valor de 4.303,56 kg ha⁻¹, houve uma diferença de 1.351,56 kg ha⁻¹ a mais de rendimento com a inoculação, e isso representa um ganho de 23,89% na produtividade.

Shafeek *et al.* (2018) utilizaram *Bacillus megaterium* na inoculação de plantas de alho visando avaliar o crescimento vegetativo e o rendimento da cultura. Foram adicionadas zero, uma e duas doses de inoculante e estas também foram combinadas com uma solução nutritiva com níveis de 0, 1 e 2 cm³. Cada aplicação de inoculante foi realizada na dose de 4,76 kg ha⁻¹, sendo a primeira aplicação, ou em tratamentos com dose única, realizada antes do plantio, na etapa de preparação do solo. Nos tratamentos com duas aplicações, a segunda dose foi aplicada

três semanas após o plantio. Foram observados os maiores rendimentos na combinação de duas aplicações de inoculante, com uma e duas aplicações da solução nutritiva sendo observados rendimentos de 19.897 kg ha⁻¹ e 21.023 kg ha⁻¹ respectivamente, enquanto que a testemunha apresentou produtividade de 15.135 kg ha⁻¹, uma diferença de 28% quando comparado com a maior produtividade. Os estudos foram repetidos na safra seguinte e os tratamentos com a inoculação realizada em duas etapas e duas aplicações de solução nutritiva mantiveram melhores índices de produtividade quando comparadas a testemunha. Foram observados valores de 22.159 kg ha⁻¹ e 15.516 kg ha⁻¹, respectivamente, mantendo as diferenças de produtividade próximas a 30%. A utilização de *B. megaterium* com adubação foliar demonstrou bons resultados na produtividade da cultura do alho, com diferenças significativas nos valores observados.

Kumar e Singh (2020) avaliaram a influência de biofertilizantes na qualidade e rendimento da cultura do alho, e para o experimento utilizaram um grupo de bactérias solubilizadoras de fosfatos juntamente com micorrizas arbusculares e redução nas doses de adubação fosfatada. No parâmetro de diâmetro de bulbos, o tratamento com inoculação de bactérias + micorrizas + 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅, proporcionou os maiores valores médios com 4,537 cm de diâmetro, valor 46 % maior quando comparado ao controle que apresentou média de 2,450 cm de diâmetro. Os valores médios de matéria fresca por bulbo também foram superiores nos tratamentos com aplicação de inoculantes (31,117 g por bulbo), uma diferença de 18% se comparados a média observada no controle (25,580 g por bulbo). De acordo com os dados obtidos, a combinação de bactérias solubilizadoras de fosfatos + micorrizas se mostrou uma alternativa interessante para a cultura do alho.

A aplicação de inoculantes na cultura do alho, além de visar um incremento em diversos parâmetros produtivos, pode agir no controle biológico de alguns patógenos que podem vir a acometer as plantas. Wang *et al.* (2019) utilizaram bactérias endofíticas para avaliar a inibição da podridão branca (*Sclerotium cepivorum*) e a promoção de crescimento na cultura através da inoculação. Entre os microrganismos testados, *Streptomyces setonii* proporcionou uma inibição de até 67% da disseminação da podridão branca em relação a testemunha e promoveu incremento de 70% de massa de raiz fresca quando comparado ao controle. Com a inoculação de *Pseudomonas auregionosa*, foram observados incrementos de massa fresca de raiz de até 188% e em 200% a massa fresca da parte aérea quando comparados a testemunha.

Estes valores observados para os microrganismos testados indicam o potencial para controle biológico da podridão branca e também como promotores de crescimento da cultura do alho.

Abd-Elaziz, El-sheikh e Mohamed (2021), avaliaram o controle biológico na cultura do alho a partir do antagonismo de fungos e bactérias. Desse modo, utilizando alguns isolados de *Trichoderma* spp. e inoculando-as em plantas de alho, foram observadas inibições do crescimento micelial de 77,7 % em podridão branca (*S. cepivorum*), 69,5% em fusariose ou podridão seca (*Fusarium oxysporum* f sp. Cepae) e de 86,6 % na doença denominada de raiz rosada (*Pyrenochaeta terrestres*), quando comparadas com a testemunha. As bactérias utilizadas no controle biológico também demonstraram potencial pra inibição dos patógenos, com *Bacillus subtilis* causando inibição micelial de podridão branca de até 74,7 %. Com a aplicação de *P. fluorescens* a inibição da podridão branca foi de 64,7%, bactéria que, apresentou maior potencial de controle biológico que os outros microrganismos em relação a outras doenças, inibindo o desenvolvimento micelial de fusariose em até 80,3%, e da raiz rosada em 74,03%. Nesse contexto a aplicação de microrganismos no controle biológico de doenças se mostrou uma alternativa viável e sustentável, gerando economia ao produtor, além dos diversos benefícios referentes a promoção de crescimento e produtividade atrelados a cultura do alho.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no ano de 2021 e compreendeu o período entre os meses de maio a dezembro.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi implantado no município de Brunópolis - SC, na comunidade de Vila Brasília, localizado nas coordenadas 27°20'36" S e 50°46'19" O, e encontra-se detalhado na Figura 1 (GOOGLE EARTH, 2021).

Figura 1 - Local da implantação do experimento, em destaque com retângulo vermelho.



Fonte: GOOGLE EARTH, 2021.

O local está situado a uma elevação de 809 m de altitude em relação ao nível do mar (GOOGLE EARTH, 2021), e o clima segundo a classificação de Köppen é caracterizado como Cfb (temperado quente). É descrito por ter chuvas bem distribuídas, invernos rigorosos e verões brandos (WREGE *et al.*, 2012). O solo é caracterizado como Nitossolo Bruno e possui entre suas características principais uma baixa fertilidade natural e potencial para apresentar elevadas quantidades de alumínio. Estas características exigem um bom manejo, correção do solo e altas doses de fertilizantes, porém, podem proporcionar condições ideais para produção de algumas culturas se manejados adequadamente (EMBRAPA, 2004).

A precipitação anual na região varia entre 1500 e 1700 mm (PANDOLFO *et al.*, 2002), e no período que compreende os meses de junho a outubro, períodos críticos para a cultura, as

médias estão próximas aos 750 mm (WREGE *et al.*, 2012). Porém, a cultura do alho possui uma necessidade de água que varia entre 400 e 850 mm durante o seu ciclo, dessa maneira, se o regime de chuvas for adequado é suficiente para sustentar a produção da cultura de maneira satisfatória (MAROUELLI; LUCINI, 2014).

3.2 MANEJO PRÉ-PLANTIO

No período que antecedeu a implantação do experimento foi realizada análise química do solo (Anexo A). Para isso, foram coletadas diversas sub amostras na camada de 0 a 20 cm de profundidade, que depois foram homogeneizadas, formando uma única amostra que foi enviada para análise em laboratório. No período de pré-plantio também foi realizado o preparo do solo e o processamento dos bulbos para o plantio.

3.2.1 Preparo do solo

No local de implantação do experimento foi realizado um revolvimento com a utilização de trator equipado com aradora. Este procedimento ocorreu aproximadamente 40 dias antes do plantio (Figura 2). Após a aração foi feito o procedimento de gradagem, para diminuir o tamanho dos torrões formados.

Figura 2 – Preparo do solo com aradora 40 dias antes do plantio.



Fonte: Autor, 2021.

No dia 7 de junho foi realizada mais uma gradagem pra dissolver torrões remanescentes e no dia 13 de junho foi realizado o procedimento de montagem dos canteiros com a utilização de trator equipado com enxada rotativa. Foram realizadas duas passadas com a enxada rotativa, sendo que, após a primeira foi adicionado o adubo NPK para incorporação e na segunda o canteiro estava pronto para o plantio (Figura 3).

Figura 3 – Formação dos canteiros com enxada rotativa. A) Primeira passada da enxada rotativa, B) Canteiros prontos para o plantio.



Fonte: Autor, 2021.

Os bulbos que foram utilizados para o plantio foram enviados à câmara fria para vernalização por um período de 30 dias (09/05/21 a 08/06/21). Após esse período o material passou por um processo de debulha, para separação dos bulbilhos, então seguiu para uma mesa separadora, em um processo de triagem, para retirada do excesso de palha, de bulbilhos doentes e com danos físicos aparentes. Após essa primeira seleção de sementes viáveis foi realizada uma classificação por tamanho de bulbilhos em máquina própria para este procedimento (Figura 4).

Figura 4 – Classificação dos bulbilhos por tamanho.



Fonte: Autor, 2021.

Com a classificação realizada, o material foi ensacado e no dia anterior ao plantio foi submetido a imersão para tratamento químico com fungicida por um tempo de aproximadamente quatro horas. Após esse período o material foi retirado e acomodado em bancadas para secagem, por um tempo aproximado de oito horas. Após esse período os bulbilhos estavam prontos para serem utilizados no plantio.

3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O experimento foi implantado em delineamento de blocos casualizados (DBC) com cinco tratamentos e cinco repetições, com um total de 25 parcelas. Cada bloco era formado por um canteiro de 23 x 1,10 m. Cada parcela teve um tamanho de 4,0 x 1,10 m, com uma área total de 4,4 m² por parcela. No espaçamento entre parcelas havia uma borda de 0,5 m e de 0,3 m entre blocos (Anexo 2). Cada canteiro era formado por três linhas duplas, sendo que o espaço entre linhas simples era de 15 cm, e entre linhas duplas de 26 cm. A distância entre bulbilhos na linha era de 12 cm, o que totalizou aproximadamente 200 plantas por parcela (Figura 5).

Figura 5 – Canteiros de alho um mês após o plantio.



Fonte: Autor, 2021.

Os tratamentos avaliados foram:

T1: Testemunha, com 100% da dose de adubo recomendada de NPK

T2: 75% NPK

T3: 75% NPK + 0,5 L ha⁻¹ de Biofree

T4: 75% NPK + 1,0 L ha⁻¹ de Biofree

T5: 75% NPK + 1,5 L ha⁻¹ de Biofree

A adubação com NPK foi realizada no momento do plantio, e as doses de adubo foram definidas a partir da análise química do solo e seguindo as recomendações do Manual de Adubação e Calagem para os Estados de Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2016). A adubação nitrogenada foi dividida em duas aplicações, sendo a primeira incorporada no momento do plantio, a segunda próximo aos 35 dias após o plantio.

Para a adubação de base com NPK, foram utilizados os seguintes fertilizantes e as quantidades recomendadas por hectare:

NPK na formulação 03 27 15 (750 kg ha⁻¹),

K₂O (400 kg ha⁻¹) e

Ureia (150 kg ha⁻¹).

Desse modo, para a dose de 100%, aplicada em T1, foram utilizadas 330 g de NPK, 176 g de K₂O e 66 g de ureia no plantio para cada parcela. Nos tratamentos de T2 a T5 as quantidades aplicadas foram de 248 g de NPK, 132 g de K₂O e 50 g de ureia por parcela. Na adubação de cobertura, realizada aos 35 dias após o plantio, foram utilizadas 66 g de ureia em cada parcela do T1 e 50 g de ureia por parcela dos tratamentos T2 a T5.

Para a coinoculação foi utilizado o produto comercial Biofree[®] da empresa Biotrop. Este produto contém em sua formulação as bactérias *A. brasilense* (estirpe AbV6) e *P. fluorescens* (estirpe CCTB03) (BIOTROP, 2021). As aplicações foram programadas para serem realizadas em um período de aproximadamente 15 dias após as aplicações da adubação nitrogenada. Para o preparo do produto foi considerada a dose utilizada em cada tratamento, misturada em água para formação da calda considerando um volume de 150 L ha⁻¹. A calda preparada para as cinco parcelas de cada tratamento foi de 330 mL, sendo aplicada uma quantidade de 66 mL por parcela via pulverização sobre cada linha.

3.4 PLANTIO E COINOCULAÇÃO

O plantio do alho foi realizado no dia 12 de junho. Os bulbilhos utilizados para o experimento foram da cultivar ITO. Esta cultivar possui entre algumas de suas características como a cor de bulbo branca, formato redondo e número de bulbilhos variando entre 7 a 10 por bulbo. É considerada uma cultivar com ciclo tardio (6 meses >) (RESENDE; HABER; PINHEIRO, 2015). Para o município de Brunópolis, o plantio de cultivares tardias de alho tem sua recomendação segundo o zoneamento climático (Anexo C), para o período de 21/05 a 31/07 (EPAGRI/CIRAM, 2021), portanto, o plantio ficou dentro da janela recomendada.

A primeira aplicação do produto Biofree[®] ocorreu no dia 26 de junho. A aplicação da calda foi realizada em jato dirigido sobre as linhas duplas de cada parcela. O procedimento de preparo da calda e aplicação foi realizado no período do final da tarde, visando as melhores condições de mistura e aplicação, para evitar exposição excessiva ao sol. No dia 16 de julho foi realizada a adubação de cobertura, conforme as doses calculadas para cada tratamento. Já no dia 31 de julho foi realizada a segunda coinoculação.

3.5 COLETA DE DADOS

3.5.1 Estatura durante o crescimento da cultura

Foram coletados dados referentes a estatura de plantas durante o período de crescimento da cultura. Para esta coleta foi utilizado régua graduada e a estatura das plantas foi aferida a partir da base, próximo ao solo, até o ápice da folha mais alta. Foram selecionadas

cinco plantas de cada parcela, aleatoriamente, para aferir a estatura. Foram realizadas três coletas de dados, ocorrendo nos dias 03/07, 14/08 (Figura 6) e 02/10.

Figura 6 – Plantas de alho em 14/08, no momento da segunda coleta de dados referentes a estatura.



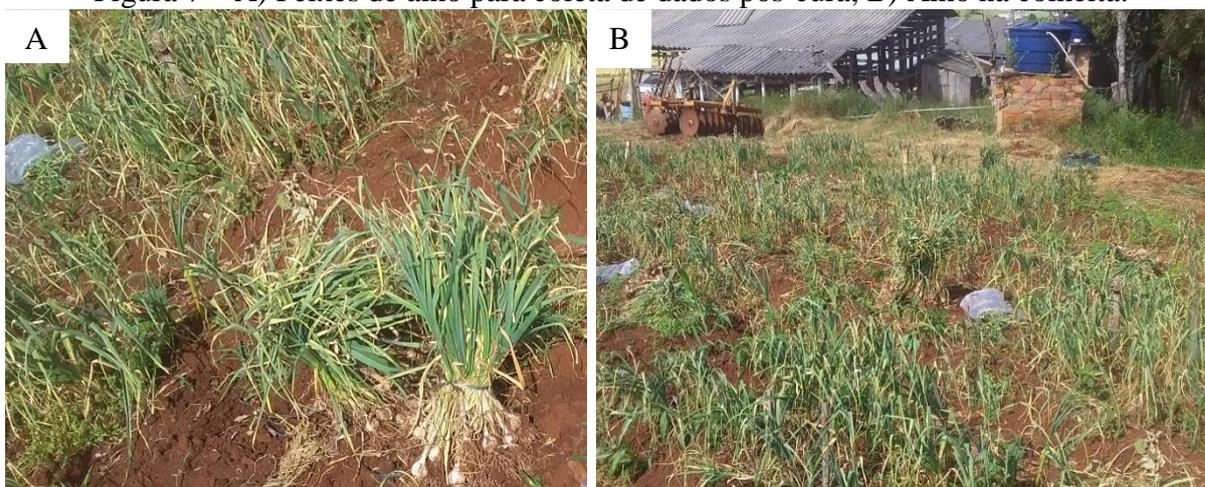
Fonte: Autor, 2021.

3.5.2 Coleta de dados ao final do ciclo

No dia 29 de outubro foi realizada a colheita das plantas de alho. Foram colhidas 10 plantas de cada parcela para coleta de dados no momento da colheita para mensuração de diâmetro de bulbo, massa fresca da planta, estatura, diâmetro do pseudocaule e número de folhas por planta. Para esta coleta de dados foram utilizados paquímetro digital, régua graduada e balança semi-analítica. Em seguida, as plantas foram submetidas a um período de cura de 30 dias, após o qual se determinou o diâmetro de bulbo, massa de parte aérea e de bulbo, bem como número de bulbilhos.

Além disso, foram retiradas todas as plantas das quatro linhas internas, excluindo-se 0,5 m de bordadura de cada parcela, para fins de determinação da produtividade (Figura 7).

Figura 7 – A) Feixes de alho para coleta de dados pós-cura, B) Alho na colheita.



Fonte: Autor, 2021.

As plantas foram amarradas em feixes e penduradas em local sombreado para o período de cura, que foi de 30 dias (Figura 8). Cada feixe foi pesado e o valor pós-cura foi usado para o cálculo de produtividade, expresso em kg ha^{-1} .

Figura 8 – Alho armazenado no período de cura.



Fonte: Autor, 2021.

3.6 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados obtidos foram submetidos a análise estatística através do programa SISVAR. Estes dados foram analisados através da ANOVA, e caso observadas diferenças estatísticas ($Pr < F_c 0,05$), as diferenças entre os tratamentos foram avaliadas através da submissão dos dados ao teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Para a análise dos dados com diferenças estatísticas foi

realizada análise de regressão com o programa EXCEL, para estimar os efeitos em função das doses de inoculante utilizadas.

4 RESULTADOS

4.1 ESTATURA DURANTE O CRESCIMENTO DA CULTURA

De acordo com a ANOVA, não houve diferenças estatísticas significativas em nenhuma das coletas de dados referentes a estatura no período de desenvolvimento da cultura (Anexos D, E e F). As médias observadas foram de 15,01 cm na coleta de 03/07, 31,77 cm em 14/08 e 68,47 cm 02/10 (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores médios da variável estatura em três coletas de dados, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.

TRATAMENTO	Data da coleta		
	03/07/21	14/08/21	02/10/21
	Estatura das plantas (cm)		
T1	14,91 ^{ns*}	31,68	70,06
T2	15,10	32,17	65,96
T3	14,76	33,45	68,79
T4	15,25	32,85	68,99
T5	15,01	29,73	68,56
Médias	15,01	31,8	68,47
CV (%)	8,94	9,45	5,95

ns*: Médias não significativas pela ANOVA a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. T1: Testemunha com 100% NPK; T2: 75% NPK; T3: 75% NPK + 0,5 L ha⁻¹ de Biofree®; T4: 75% NPK + 1,0 L ha⁻¹ Biofree®; T5: 75% NPK + 1,5 L ha⁻¹ Biofree®. Fonte: Autor, 2021.

4.2 COLETA DE DADOS AO FINAL DO CICLO, PRÉ-CURA

4.2.1 Diâmetro de bulbo

A variável diâmetro de bulbo não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos (Anexo G); Pr>Fc = 0,5775. A média geral dos tratamentos foi de 38,89 cm (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores médios da variável diâmetro de bulbo na pós-colheita, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.

TRATAMENTO	Diâmetro do bulbo (cm)
T1	39,49 ^{ns*}
T2	39,54
T3	39,07
T4	38,11
T5	38,22
Média	38,89
CV%	6,21

ns*: Médias não significativas pela ANOVA a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. T1: Testemunha com 100% NPK; T2: 75% NPK; T3: 75% NPK + 0,5 L ha⁻¹ de Biofree®; T4: 75% NPK + 1,0 L ha⁻¹ Biofree®; T5: 75% NPK + 1,5 L ha⁻¹ Biofree®. Fonte: Autor, 2021.

4.2.2 Massa de plantas frescas

De acordo com a análise realizada através da ANOVA, a variável de massa de plantas frescas não apresentou diferenças estatísticas entre os tratamentos (Anexo H), com valor de $Pr > F_c = 0,2508$ e média geral de 53,13 g (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores médios da variável massa de plantas frescas, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.

TRATAMENTO	Massa fresca de plantas (g)
T1	58,65 ^{ns*}
T2	54,08
T3	52,51
T4	50,86
T5	49,53
Média	53,13
CV%	12,16

ns*: Médias não significativas pela ANOVA a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. T1: Testemunha com 100% NPK; T2: 75% NPK; T3: 75% NPK + 0,5 L ha⁻¹ de Biofree®; T4: 75% NPK + 1,0 L ha⁻¹ Biofree®; T5: 75% NPK + 1,5 L ha⁻¹ Biofree®. Fonte: Autor, 2021.

4.2.3 Estatura

Com base nos resultados da ANOVA, a variável estatura ao final do ciclo apresentou diferenças estatísticas com $Pr > F_c = 0,0083$ (Anexo I). Para esta variável os tratamentos T1, T2 e T4 resultaram em médias de 68,04, 63,86 e 62,56 cm respectivamente, enquanto as médias de estaturas das plantas dos tratamentos T3 e T5 foram de 58,77 e 56,01 respectivamente (Tabela 4).

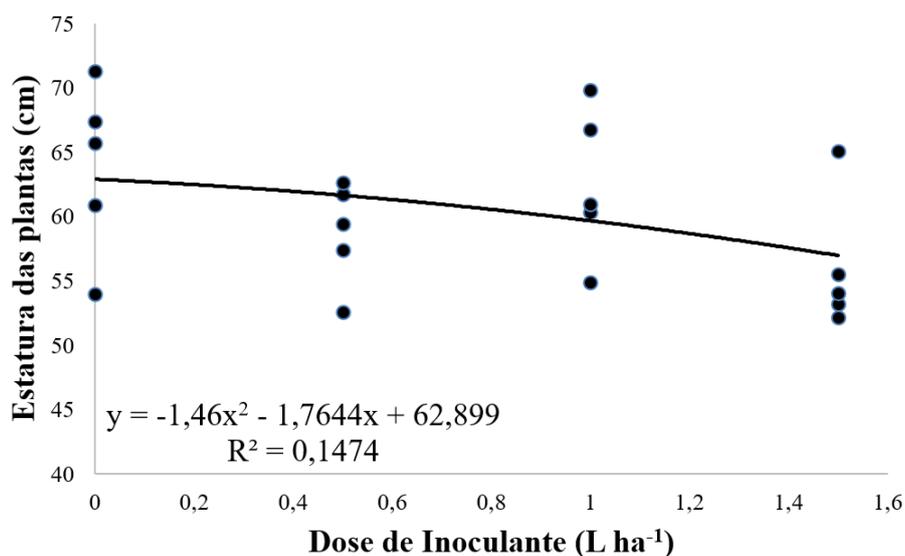
Tabela 4 - Valores médios da variável estatura das plantas ao final do ciclo, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.

TRATAMENTO	Estatura das plantas (cm)
T1	68,04 a2*
T2	63,86 a2
T3	58,77 a1
T4	62,56 a2
T5	56,01 a1
Média	61,85
CV%	7,52

*Valores seguidos pelas mesmas letras e números não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Skott-Knott. CV: coeficiente de variação. T1: Testemunha com 100% NPK; T2: 75% NPK; T3: 75% NPK + 0,5 L ha⁻¹ de Biofree®; T4: 75% NPK + 1,0 L ha⁻¹ Biofree®; T5: 75% NPK + 1,5 L ha⁻¹ Biofree®. Fonte: Autor, 2021.

De acordo com a Figura 9, a estatura de plantas em função da dose aplicada de inoculante, a dose de 1,0 L ha⁻¹ manteve os mesmos índices que o tratamento testemunha, porém, nas doses de 0,5 L ha⁻¹ e 1,5 L ha⁻¹ foram observados menores valores de estatura.

Figura 9 – Análise de regressão para a variável estatura das plantas em função da dose de inoculante aplicada, em experimento conduzido em Brunópolis SC, na safra 2021.



Fonte: Autor, 2021.

4.2.4 Diâmetro do pseudocaule

A variável de diâmetro do pseudocaule apresentou diferenças estatísticas de acordo com a análise da ANOVA (Anexo J; $Pr > F_c = 0,0001$). Os tratamentos T1 e T2 apresentaram as maiores médias com 12,82 e 12,22 mm respectivamente (Tabela 5).

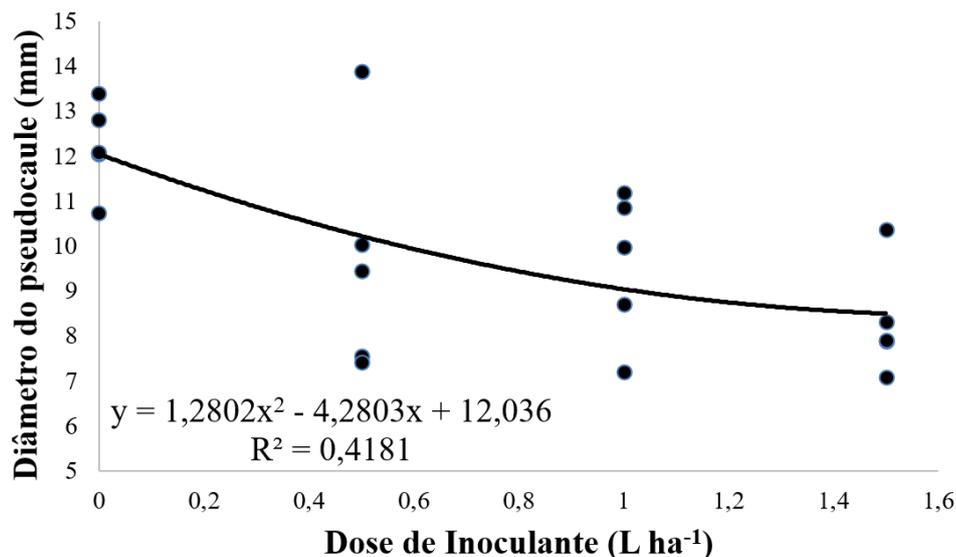
Tabela 5 - Valores médios da variável diâmetro do pseudocaule após a colheita, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.

TRATAMENTO	Diâmetro do pseudocaule (mm)
T1	12,82 a2*
T2	12,22 a2
T3	9,67 a1
T4	9,58 a1
T5	8,31 a1
Média	10,52
CV (%)	11,59

*Valores seguidos pelas mesmas letras e números não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Skott-Knott. CV: coeficiente de variação. T1: Testemunha com 100% NPK; T2: 75% NPK; T3: 75% NPK + 0,5 L ha⁻¹ de Biofree®; T4: 75% NPK + 1,0 L ha⁻¹ Biofree®; T5: 75% NPK + 1,5 L ha⁻¹ Biofree®. Fonte: Autor, 2021.

A variável de diâmetro do pseudocaule não apresentou respostas positivas ao aumento nas doses do inoculante, sendo observado decréscimo nos resultados relativos ao diâmetro, conforme se aumentou a concentração da dose aplicada (Figura 10).

Figura 10 – Análise de regressão para a variável diâmetro do pseudocaule em função da dose de inoculante aplicada, em experimento conduzido em Brunópolis SC, na safra 2021.



Fonte: Autor, 2021.

4.2.5 Número de folhas

Na variável de número de folhas, com base no resultado da ANOVA (Anexo K), foram observadas diferenças estatísticas ($Pr > F_c = 0,0385$). T1 apresentou a maior média (6,22 folhas por planta), enquanto que os tratamentos de T2 a T5 não apresentaram diferenças estatísticas entre si (Tabela 6).

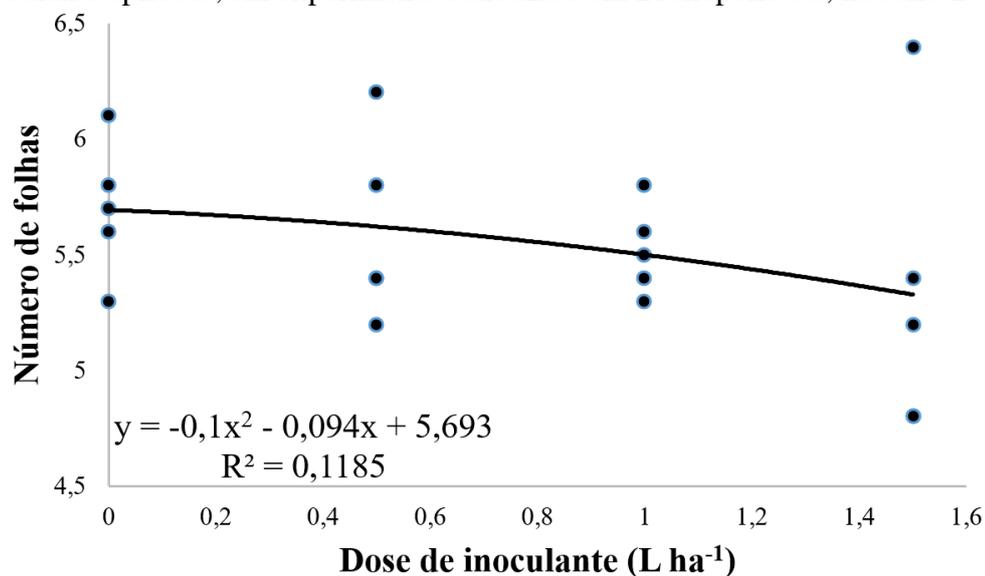
Tabela 6 - Valores médios da variável número de folhas, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.

TRATAMENTO	Número de folhas (un)
T1	6,22 a2*
T2	5,70 a1
T3	5,60 a1
T4	5,52 a1
T5	5,32 a1
Média	5,67
CV (%)	7,34

*Valores seguidos pelas mesmas letras e números não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Skott-Knott. CV: coeficiente de variação. T1: Testemunha com 100% NPK; T2: 75% NPK; T3: 75% NPK + 0,5 L ha⁻¹ de Biofree®; T4: 75% NPK + 1,0 L ha⁻¹ Biofree®; T5: 75% NPK + 1,5 L ha⁻¹ Biofree®. Fonte: Autor, 2021.

Na análise do número de folhas, a aplicação de diferentes doses de inoculante não demonstraram efeito significativo para influenciar a quantidade do número de folhas na cultura (Figura 11).

Figura 11 – Análise de regressão para a variável número de folhas em função da dose de inoculante aplicada, em experimento conduzido em Brunópolis SC, na safra 2021.



Fonte: Autor, 2021.

4.3 COLETA DE DADOS AO FINAL DO CICLO, PÓS-CURA

4.3.1 Diâmetro de bulbo

Na análise da ANOVA para a variável diâmetro de bulbo pós-cura, não foram encontradas diferenças estatísticas entre os tratamentos (Anexo L; $Pr > F_c = 0,5504$). A média geral entre os tratamentos foi de 38,34 cm (Tabela 7).

Tabela 7 - Valores médios da variável diâmetro de bulbo na pós-cura, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.

TRATAMENTO	Diâmetro de bulbos (mm)
T1	39,13 ^{ns*}
T2	39,19
T3	38,11
T4	37,28
T5	38,00
Média	38,34
CV%	5,32

ns*: Médias não significativas pela ANOVA a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. T1: Testemunha com 100% NPK; T2: 75% NPK; T3: 75% NPK + 0,5 L ha⁻¹ de Biofree®; T4: 75% NPK + 1,0 L ha⁻¹ Biofree®; T5: 75% NPK + 1,5 L ha⁻¹ Biofree®. Fonte: Autor, 2021.

4.3.2 Número de bulbilhos

Os dados referentes a número de bulbilhos apresentaram diferenças estatísticas quando submetidos à análise da ANOVA a 0,1 de significância (Anexo M) com $Pr > F_c = 0,0608$. O T5 promoveu o menor número de bulbilhos, com média de 6,5 bulbilhos por bulbo, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 8). Esse valor representa uma redução média de 14,47% quando comparado a T1.

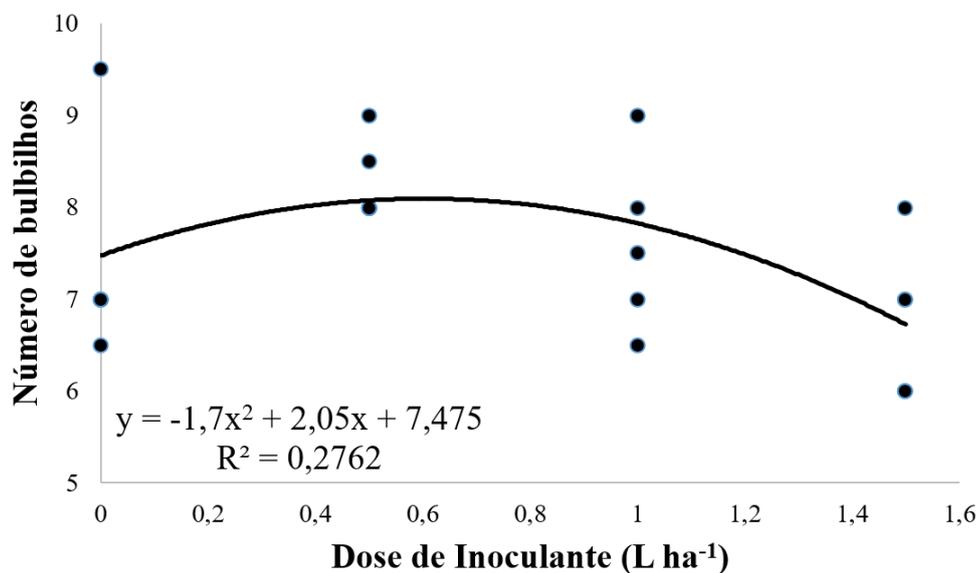
Tabela 8 - Valores médios da variável número de bulbilhos, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.

TRATAMENTO	Número de bulbilhos
T1	7,6 a1*
T2	7,4 a1
T3	8,3 a1
T4	7,4 a1
T5	6,5 a2
Média	7,48
CV%	11,51

*Valores seguidos pelas mesmas letras e números não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Skott-Knott. CV: coeficiente de variação. T1: Testemunha com 100% NPK; T2: 75% NPK; T3: 75% NPK + 0,5 L ha⁻¹ de Biofree®; T4: 75% NPK + 1,0 L ha⁻¹ Biofree®; T5: 75% NPK + 1,5 L ha⁻¹ Biofree®. Fonte: Autor, 2021.

Na correlação de dados de número de bulbilhos em função da dose aplicada, observa-se que em maiores doses, ocorre um decréscimo no número de bulbilhos por bulbo (Figura 12).

Figura 12 – Análise de regressão para a variável número de bulbilhos em função da dose de inoculante aplicada, em experimento conduzido em Brunópolis SC, na safra 2021.



Fonte: Autor, 2021.

4.3.3 Massa de bulbos

Com base nos resultados da ANOVA (Anexo N), não foram observadas diferenças estatísticas entre as médias dos tratamentos referentes a variável massa de bulbos. Para esta variável, observou-se o valor de $Pr > F_c = 0,4271$ e a média geral foi de 20,93 g (Tabela 9).

Tabela 9 - Valores médios da variável massa de bulbos, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.

TRATAMENTO	Massa de bulbos (g)
T1	22,65 ^{ns*}
T2	21,16
T3	20,69
T4	20,01
T5	20,15
Média	20,93
CV%	11,27

ns*: Médias não significativas pela ANOVA a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. T1: Testemunha com 100% NPK; T2: 75% NPK; T3: 75% NPK + 0,5 L ha⁻¹ de Biofree[®]; T4: 75% NPK + 1,0 L ha⁻¹ Biofree[®]; T5: 75% NPK + 1,5 L ha⁻¹ Biofree[®]. Fonte: Autor, 2021.

4.3.4 Massa da parte aérea pós-cura

A variável de massa de parte aérea não apresentou diferenças estatísticas entre as médias de acordo com a análise da ANOVA (Anexo O). A média entre os tratamentos foi de 2,33 g e $p > 0,05 = 0,1781$ (Tabela 10).

Tabela 10 - Valores médios da variável massa da parte aérea pós-cura, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.

TRATAMENTO	Massa da parte aérea (g)
T1	2,68 ^{ns*}
T2	2,35
T3	2,22
T4	1,92
T5	2,50
Média	2,33
CV%	20,64

ns*: Médias não significativas pela ANOVA a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. T1: Testemunha com 100% NPK; T2: 75% NPK; T3: 75% NPK + 0,5 L ha⁻¹ de Biofree®; T4: 75% NPK + 1,0 L ha⁻¹ Biofree®; T5: 75% NPK + 1,5 L ha⁻¹ Biofree®. Fonte: Autor, 2021.

4.3.5 Produtividade

A produtividade da cultura não apresentou diferenças estatísticas entre os tratamentos avaliados através da ANOVA (Anexo P). Esta variável apresentou um valor de $Pr > F_c = 0,1526$ e a média geral foi de 7.297,28 kg ha⁻¹ (Tabela 12).

Tabela 11 - Valores médios da variável produtividade, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.

TRATAMENTO	Produtividade (kg ha ⁻¹)
T1	7.817,86 ^{ns*}
T2	7.492,86
T3	7.557,14
T4	6.928,57
T5	6.690,00
Média	7.297,28
CV%	10,33

ns*: Médias não significativas pela ANOVA a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. T1: Testemunha com 100% NPK; T2: 75% NPK; T3: 75% NPK + 0,5 L ha⁻¹ de Biofree®; T4: 75% NPK + 1,0 L ha⁻¹ Biofree®; T5: 75% NPK + 1,5 L ha⁻¹ Biofree®. Fonte: Autor, 2021.

5 DISCUSSÃO

A utilização de microrganismos é uma prática que tem sido empregada com sucesso em diversas culturas, sendo inclusive incorporada nas práticas culturais de cultivo de plantas como a soja. No entanto, algumas espécies de interesse agrônômico não recebem o mesmo aporte relacionado a pesquisa nesse âmbito. Assim, é de extrema importância pesquisar e conhecer de maneira mais aprofundada os efeitos que a utilização de microrganismos pode trazer para diferentes culturas. Desse modo, a utilização de microrganismos promotores de crescimento tem sido pouco estudada em relação a cultura do alho. Pouquíssimos trabalhos nesse sentido foram encontrados na literatura mundial e no âmbito nacional são praticamente inexistentes. Isto reforça a importância e a necessidade de se realizar trabalhos nesse sentido, não somente para a cultura do alho, mas para diversas outras de importância comercial. A geração de dados oriundos de pesquisas como esta permitem gerar informações importantes para estudos futuros.

Entre os dados avaliados no presente experimento a estatura de plantas é um meio de se medir o grau de desenvolvimento e a resposta de crescimento da cultura. Esta resposta está diretamente relacionada aos fatores ambientais como disponibilidade de água, nutrientes, taxas de CO₂, luz e temperatura. Quanto mais próxima da quantidade ótima dos elementos essenciais para o desenvolvimento da planta, melhor será a resposta da cultura em relação ao crescimento. No entanto, o conjunto de fatores deve estar em equilíbrio com as necessidades fisiológicas das plantas para que ocorra crescimento adequado e dessa maneira assegurar uma melhor produtividade. Porém, o excesso de alguns elementos pode ser tão prejudicial para a cultura como a falta dos mesmos, o que pode além de representar gastos extras contribuir para menores taxas de crescimento e produtividade (PEIXOTO, 2020).

Outros trabalhos revelam o potencial de microrganismos para incremento desta variável. Na avaliação de estatura de plantas, Bento *et al.* (2015) observaram que a inoculação associada à adubação fosfatada na cultura do alho resultou em maior altura de plantas nas doses de 100 e 200 kg P ha⁻¹ + inoculante, com alturas médias de 31,37 e 30,58 cm, respectivamente. Porém, nas doses de 0 e 400 kg P ha⁻¹ + inoculante, com médias de 26,56 e 26,38 cm (respectivamente), os resultados obtidos não diferiram estatisticamente dos tratamentos que não receberam inoculação. Estes resultados demonstram que com a dose adequada de adubação

fosfatada, a inoculação possui potencial para favorecer o crescimento, no entanto, o excesso nas doses pode representar gastos desnecessários.

Os resultados analisados neste trabalho não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos durante a fase de desenvolvimento da cultura e nem no período de pós-colheita. No entanto, a avaliação de estatura em pós colheita apresentou diferenças entre os tratamentos com T1, T2 e T4 apresentando maiores valores que T3 e T5. Porém, nenhum tratamento de inoculação foi capaz de refletir ganhos de estatura em comparação a testemunha.

Outra variável analisada foi o diâmetro de bulbo, este é um dos principais parâmetros econômicos, pois está relacionado diretamente à venda e ao lucro obtido pelo produtor, desse modo, plantas que apresentem bulbos com maiores diâmetros são mais interessantes do ponto de vista comercial e econômico (LUCINI, 2004).

A lei N° 9.972 de 2000, estabelece a obrigatoriedade da classificação de hortaliças (BRASIL, 2000) e de acordo com a Portaria N° 242 de 1992 o alho pode ser classificado de acordo com o diâmetro de bulbo (BRASIL, 1992), com esta classificação abrangendo os números de 3 a 7 sendo:

3: entre 32 e 37 mm

4: entre 38 a 42 mm

5: entre 43 a 47 mm

6: entre 48 a 56 mm

7: igual ou maior que 57 mm

Bulbos com diâmetro inferior a 32 mm podem ser considerados desclassificados ou sem classe.

De modo geral, todos os tratamentos apresentaram médias que estão dentro dos padrões comerciais de produção, sendo o valor de 38 mm de diâmetro caracterizado como um alho de classificação 4 de acordo com a Portaria do MAPA (BRASIL, 1992).

Porém, os resultados para a variável diâmetro de bulbo não diferiram estatisticamente entre si, tanto no período pré-cura como em pós-cura, com médias de 38,39 e 38,34 cm, respectivamente. No entanto, alguns trabalhos apontam incremento no diâmetro de bulbo com a utilização de MPCP. No trabalho de Shafeek *et al.* (2018), avaliando a inoculação de bactérias fixadoras de fosfatos na cultura do alho, os autores observaram que houve incremento de até 38% no diâmetro de bulbo nos tratamentos com plantas que receberam a inoculação, sendo observados valores de 24 mm para o controle e 38,7 mm de diâmetro médio para plantas

inoculadas. Domenico (2019) avaliou o efeito de *A. brasilense* na cultura do alho e observou um ganho de 23% no diâmetro de bulbo no tratamento com plantas inoculadas em comparação com a testemunha.

A variável de massa de plantas frescas não apresentou diferenças estatísticas entre os tratamentos, porém, outros trabalhos encontrados na literatura, com a utilização de inoculação na cultura do alho, demonstraram resultados diferentes. Gouda e Mousa (2015) indicam um ganho de até 15% de massa em tratamentos com plantas que receberam inoculação quando comparados ao tratamento controle. Kumar e Sigh (2020) também apresentaram resultados neste sentido, com incremento de massa fresca de até 9% quando comparadas as plantas inoculadas em relação a testemunha.

Na análise de dados referentes ao diâmetro do pseudocaule, foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos de plantas que receberam inoculante e as que não foram inoculadas. As maiores médias foram observadas em tratamentos de plantas não inoculadas, independente da dose de adubação aplicada, com médias de 12,82 mm em T1 e 12,22 mm em T2. Desse modo, observa-se um decréscimo no diâmetro de pseudocaule conforme se aplicou o produto testado (Figura 9). Em concordância com os registros dessa pesquisa, Youssif, Hosna e Amara (2015) observaram menores diâmetros de pseudocaule em plantas com doses de adubação + inoculação, com diâmetros de até 13,5 mm, enquanto a média observada para a testemunha foi de 24,7 mm para esta variável.

No entanto, alguns autores apontam que a inoculação possibilitou incremento no diâmetro do pseudocaule de plantas de alho. Das *et al.* (2020) constataram valores de 8,6 mm no tratamento controle e 10,8 mm em plantas em que foi utilizada a coinoculação. Shafeek *et al.* (2018) apontaram que o diâmetro de pseudocaule em plantas do tratamento testemunha foi de 6,3 mm e para plantas inoculadas os resultados obtidos foram de até 13 mm, evidenciando o incremento promovido pela inoculação na cultura do alho.

Para o número de folhas ao final do ciclo da cultura, foram observadas diferenças estatísticas entre T1 em relação aos demais tratamentos. As plantas do T1 apresentaram um total de 6,22 folhas por planta, e os demais tratamentos apresentaram médias inferiores a 6 folhas por planta. Conforme observado na análise de regressão (Figura 11) percebe-se uma leve tendência de diminuição do número de folhas conforme se aumenta a dose de inoculante, porém, não foi significativa estatisticamente.

Resultados semelhantes foram observados por outros pesquisadores. Gouda e Mosa (2015) observaram que para a variável número de folhas, as plantas do tratamento testemunha apresentaram uma média de 9,58 folhas por plantas, e nas plantas que receberam inoculantes, as médias foram inferiores a 9,28 folhas por planta. Mounir *et al.* (2020) relataram que o número de folhas por planta na cultura do alho utilizando 100% da adubação potássica recomendada foi de 10,4 e em tratamentos de plantas que receberam redução de 50% da adubação + inoculação, o número de folhas foi de 9,47.

No entanto, outros trabalhos apontam para um incremento no número de folhas por planta, onde estas receberam inoculação. Das *et al.* (2020) observaram que os tratamentos com a utilização de microrganismos + adubação NPK, apresentaram uma média de folhas por planta maior que a testemunha. Plantas que receberam inoculação apresentaram médias de 11,45 e a testemunha resultou em médias de apenas 9,12 folhas por planta aos 120 DAP.

A massa de bulbos é outra característica importante para a comercialização, pois, agrega valor comercial e garante maior rendimento para os produtores (RESENDE; CHAGAS; PEREIRA, 2003). Dessa forma, maiores valores de massa de bulbos estão diretamente ligados à produtividade da cultura (BOEING; SEBEN, 1993). Apesar de alguns trabalhos apontarem para um ganho significativo de massa de bulbos com a utilização de microrganismos em alguns tratamentos, o presente trabalho não apresentou diferenças significativas para a variável de massa de bulbos no período de pós-cura. Domenico (2019) relatou diferenças significativas de massa de bulbos em plantas de alho inoculadas com *A. brasilense* quando comparadas a testemunha. As médias observadas foram de 22,51 g para plantas inoculadas e 11,71 g de massa de bulbos nas plantas do tratamento controle. No entanto, Mounir *et al.* (2015) não observaram diferenças estatísticas entre tratamentos com 100% da adubação potássica recomendada e tratamentos com plantas que receberam inoculação com bactérias solubilizadoras de potássio + 75% da adubação potássica recomendada, evidenciando dessa forma, a eficiência da utilização de microrganismos no ganho de massa de bulbos.

Em culturas de outras espécies da mesma família botânica, o benefício da inoculação também é reportado. Novello *et al.* (2021) avaliaram inoculação de microrganismos na cultura da cebola (*Allium cepa* L.) e observaram incremento na massa de bulbos em todos os tratamentos de plantas que receberam inoculação quando comparadas a testemunha. Com a inoculação de *Pseudomonas* sp. nas plantas de cebola a diferença de massa de bulbos foi maior que 200% quando comparadas ao tratamento controle.

Na análise da variável de massa da parte aérea em pós-cura, não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos. Nesse sentido, Bento *et al.* (2015) avaliaram inoculação em plantas de alho com diferentes doses de adubação fosfatada, porém, também não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos avaliados.

No entanto, alguns trabalhos encontrados na literatura, constataram ganho de massa da parte aérea em tratamentos de plantas que receberam inoculantes. Youssif, Hosna e Amara (2015) relataram peso médio da massa da parte aérea da testemunha de 3,5 g e de tratamentos com inoculação + suplementação de adubação com ganho de massa de até 10,3 g. Pellegrini *et al.* (2021) em seus estudos de inoculação na cultura da cebola também constataram ganho de massa da parte aérea em tratamentos de plantas que receberam inoculação, com ganhos de 23% de massa quando comparados a testemunha.

O número de bulbilhos é uma característica importante para a cultura do alho, tanto pela preferência do consumidor, como pela seleção do alho para propagação comercial (alho-semente). Desse modo, alhos serão classificados no subgrupo nobre se apresentarem número inferior a 20 bulbilhos por bulbo de acordo com a Portaria N°242/92 (BRASIL, 1992). Para o mercado consumidor, bulbos maiores e com menor número de bulbilhos são preferidos e tendem a ser comercializados por maiores valores (RESENDE, 1997).

Para a produção de alho-semente, os bulbilhos devem ser de boa procedência e sua qualidade e tamanho é fundamental para o plantio. Considerando que a utilização de sementes de alho para produção comercial é inviável, devido a limitações botânicas, a propagação vegetativa por bulbilhos é o método utilizado pelos produtores (SOUZA; MACEDO, 2009). Os gastos com bulbilhos destinados ao plantio comercial podem representar cerca de 30% dos gastos de produção com a cultura. Assim, bulbilhos maiores terão maior acúmulo de reservas energéticas que servirão como uma das primeiras formas de nutrição das plantas que serão essenciais para emergência e estabelecimento da cultura (RESENDE *et al.*, 2011; RESENDE; HABER; PINHEIRO, 2015).

Nos resultados avaliados foram observadas diferenças estatísticas positivas entre o T5 quando comparados aos demais tratamentos. Esta é uma característica interessante, tanto comercialmente, como visando o uso destes bulbilhos para propagação vegetativa. Nos resultados observados por Gouda e Mosa (2015) também foram constatadas diminuição no número de bulbilhos por bulbo nos tratamentos com plantas que receberam inoculação quando comparadas ao controle (14,73 e 16,22 bulbilhos respectivamente).

O desenvolvimento fisiológico de bulbos e bulbilhos pode ter relação com a produção de fito-hormônios como a giberelina (AUNG; HERTOOGH; STABY, 1969). Desse modo, alguns autores avaliaram os efeitos de giberelina na cultura do alho e constataram que houve aumento no número de bulbilhos com a aplicação deste fito-hormônio no bulbilho em pré-plantio ou pulverizado nas plantas em pós-plantio (TAKAGI; AOBA, 1978). Considerando que a giberelina pode atuar em processos fisiológicos que envolvam a formação, diferenciação, desenvolvimento e crescimento dos bulbilhos, a utilização de reguladores de crescimento ou práticas agrícolas poderiam apresentar efeitos que interferissem nestes componentes fisiológicos da cultura (SOUZA, 1990).

Nesse sentido, e avaliando a ação de reguladores de crescimento, Souza (1990) observou um decréscimo no número de bulbilhos por bulbo conforme se aumentava a dose do produto utilizado, no entanto, esse efeito de redução de número de bulbilhos foi observado em algumas das cultivares avaliadas.

Considerando que entre os efeitos benéficos de *A. brasilense* para as culturas estão a síntese de fito-hormônios (HUNGRIA, 2011) e que a formação e desenvolvimento dos bulbilhos do alho pode estar diretamente associado a ação de algumas destas substâncias, a inoculação pode ter favorecido a indução de um menor número de bulbilhos por bulbo no T5 pela disponibilização fito-hormônios que possam ter favorecido a menor indução na formação destas estruturas na planta.

Para a variável produtividade, a média dos tratamentos avaliados foi de 7.297,28 kg ha⁻¹. A média geral de produtividade, no entanto, foi abaixo da média nacional de 12,2 ton ha⁻¹ e pouco abaixo da média para o estado de Santa Catarina na safra 20/21 que foi próxima a 7,7 ton ha⁻¹ (IBGE, 2020). Desse modo, um dos fatores prejudiciais para a cultura durante o experimento ocorreu nos meses de julho e agosto, onde o déficit hídrico (Anexo Q) prejudicou o desenvolvimento vegetativo da cultura.

O estágio vegetativo da cultura ocorre após o estabelecimento das plantas ou aproximadamente 10% do crescimento vegetativo, e a duração é de aproximadamente 40 a 55 dias. Neste período a planta desenvolve a sua parte aérea e de raízes sendo um dos períodos mais sensíveis ao déficit hídrico, causando impacto direto na produtividade da cultura (MAROUELLI; LUCINI, 2014; MAROUELLI *et al.*, 2014). No entanto, apesar de os índices de produtividade apresentarem valores abaixo das médias nacionais, os tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas entre si para a variável produtividade.

Alguns trabalhos no entanto, apontam ganhos de produtividade com a inoculação na cultura do alho. No trabalho de Youssif, Hosna e Amara (2015) comparando a testemunha com um tratamento com adição de 1.190 kg S ha⁻¹ + inoculação, a diferença de produtividade foi de 53% com rendimentos médios de 11,47 ton ha⁻¹ para a testemunha e 24,59 ton ha⁻¹ para o tratamento com plantas inoculadas. Bento *et al.* (2015) constataram que em tratamentos com e sem inoculação de bactérias solubilizadoras de fosfatos, foram observadas diferenças de produtividade com rendimentos médios de 4,3 ton ha⁻¹ em tratamentos com plantas que não receberam inoculantes e 5,65 ton ha⁻¹ nos tratamentos com plantas inoculadas. Das *et al.* (2020) observaram ganhos de produtividade de até 26,9% em tratamentos com adubação + inoculação quando comparadas a testemunha, sem adubação, e os valores médios foram de 7,12 e 5,2 ton ha⁻¹ respectivamente.

Diversos fatores podem estar relacionados com a ausência de respostas positivas do alho perante a inoculação com microrganismos promotores de crescimento. Um deles é o método de inoculação, que nesse caso ocorreu por inoculação sobre o solo, em pós-emergência. O método utilizado para inoculação é de extrema importância, pois pode influenciar distintamente no efeito das bactérias sobre o desenvolvimento das plantas (LOPES *et al.*, 2021).

A inoculação sobre o solo é estudada em outras culturas de interesse agrônomo, como para a cultura da soja, onde Vieira Neto *et al.* (2008) testaram diferentes formas de aplicação e seus efeitos na cultura e constataram que a inoculação via solo é uma prática viável de ser utilizada. Zilli *et al.* (2010) também avaliaram diferentes métodos de inoculação na cultura da soja e observaram que a inoculação via pulverização no solo proporcionou resultados semelhantes quando comparados a inoculação via sementes. Quando comparados os métodos de inoculação em sementes que receberam tratamentos com fungicidas a inoculação via solo para a variável produtividade de grãos foi de 2.270 kg ha⁻¹ e 3.284 kg ha⁻¹ respectivamente. A inoculação no solo para a cultura da soja demonstrou ser um método viável de ser utilizado à campo.

Em forrageiras a inoculação realizada via solo também demonstrou bons resultados quando comparadas a outros métodos de inoculação. Para a cultura do azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), Afzal *et al.* (2013) observam ganhos de massa de até 23% em plantas que receberam inoculação via solo, quando comparadas a outros tratamentos com plantas que receberam inoculação via outros métodos de aplicação. Lopes *et al.* (2018) testando diferentes modos de aplicação de inoculantes em braquiária (*Brachiaria brizantha*) observaram que em

parcelas onde ocorreu inoculação via solo a biomassa foi até 242% maior do que nos tratamentos onde as plantas receberam inoculação via semente.

Em algumas culturas de olerícolas também são registrados estudos de diferentes métodos de aplicação de inoculantes, como para a cultura do tomate (Hernández-Montiel *et al.*, 2017). Os autores constataram que em tratamentos onde ocorreu a inoculação via solo as taxas de crescimento e produtividade foram maiores do que os tratamentos em que as plantas receberam outros métodos de inoculação.

Outro fator que pode estar relacionado a falta de respostas frente a inoculação é a dose de adubação estudada, pois a redução da adubação em 25% não resultou em diferenças estatísticas na maioria das variáveis analisadas, quando comparadas a T1, onde foi aplicada 100% da dose. De acordo com a análise química de solo (Anexo A) os níveis de P e K foram considerados muito alto e alto, respectivamente (SBCS, 2016). Desse modo, é possível que a redução da adubação não foi feita a um nível suficiente para proporcionar efeitos significativos de déficit destes minerais para a cultura, nem para avaliar possíveis diferenças que poderiam ter sido proporcionadas pela coinoculação.

A aplicação de P e K em solo onde seus níveis estão acima do crítico visam repor as perdas devido à exportação da cultura a ser implantada no local, desse modo, a utilização dessas doses pode não influenciar no rendimento da cultura de modo significativo. Silva *et al.* (2000), avaliando doses de K na cultura do alho não observaram diferenças estatísticas nas variáveis avaliadas em solos com altos teores do nutriente. No seu trabalho foram utilizadas doses de 0, 30, 60 e 90 kg K ha⁻¹. Já no estudo conduzido por Villas Bôas *et al.* (2009), avaliando adubação fosfatada e potássica na cultura do alho, os pesquisadores não observaram diferenças estatísticas em produtividade, com a utilização de doses de 54 e 192 kg K ha⁻¹, o que indica que os níveis de potássio no solo foram suficientes para a demanda da cultura.

A utilização de microrganismos em algumas culturas permite uma redução parcial ou total de certos nutrientes para as plantas. Na cultura da soja a adubação nitrogenada é totalmente eliminada com a aplicação de inoculantes (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2001). Em gramíneas como o milho e o trigo, a utilização de *A. brasilense* permite reduzir a utilização de fertilizantes químicos em 25% em cobertura, proporcionando economia e possibilitando manter os mesmo índices produtivos quando comparados a aplicação somente de adubos (HUNGRIA, 2011). Em relação ao alho, entretanto, ainda não se sabe qual seria a redução de adubação

adequada para serem observados os benefícios da inoculação, ao contrário do que já observou-se em outras culturas de interesse agrônomo.

Avaliando redução de adubação nitrogenada e inoculação com *A. brasilense* na cultura do arroz, Souza Sales *et al.* (2021) observaram que os tratamentos de plantas que receberam inoculação + 50% da dose de N apresentaram maiores rendimentos quando comparados a testemunha com 100% da dose de N aplicada. As médias de produtividade foram de 4.4551 kg ha⁻¹ e 4.035 kg ha⁻¹ respectivamente. França *et al.* (2020) em seu trabalho avaliando a redução de adubação e coinoculação com *Bacillus subtilis* e *P. fluorescens* na cultura da cenoura (*Daucus carota* L.) constaram que houve incremento de massa fresca de raízes nos tratamentos de plantas que foram coinoculadas e receberam 20% de N, quando comparadas a testemunha que recebeu 100% de N. As médias foram de 300,38 g e 164,97 g respectivamente.

Devido a cultura do alho ser altamente exigente em adubação, o que demanda altos custos de produção e frente ao cenário de aumento nos preços de insumos e consciência na utilização de recursos (ROSEN, 2020), é de extrema importância trabalhos que busquem aproveitar o potencial produtivo do solo de modo que se utilizem os recursos disponíveis de maneira econômica e sustentável. A utilização de microrganismos tem se mostrado uma excelente alternativa para diversas culturas e o seu estudo em outras culturas deve ser estimulado, especialmente no caso do alho, que é altamente exigente em níveis de fertilidade. Dessa maneira, recomenda-se novos estudos com uma maior redução de adubação, associados a diferentes práticas de coinoculação para que seja possível compreender e confirmar os benefícios de microrganismos promotores de crescimento na produção de alho.

6 CONCLUSÃO

A utilização de *A. brasilense* e *P. fluorescens* na dose de $1,5 \text{ L ha}^{-1}$, associada a redução de 25% da adubação NPK promoveu menor diferenciação do número de bulbilhos. Apesar de outras variáveis não terem sido afetadas pela coinoculação, o presente trabalho sugere o potencial de uso dessa metodologia que deve ser explorada e adequada para confirmar os benefícios dos referidos microrganismos na cultura do alho.

REFERÊNCIAS

- ABD-ELAZIZ, M. A.; EL-SHEIKH, M. M.; MOHAMED, A. A. Biological control of some garlic diseases using antagonistic fungi and bacteria. **Journal of Phytopathology and Pest Management**, v. 8, n. 1, p. 46-63, 2021.
- AFZAL, M. *et al.* Inoculation method affects colonization and activity of *Burkholderia phytofirmans* PsJN during phytoremediation of diesel-contaminated. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 85, p. 331-336, nov. 2013. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez46.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0964830513003181?via%3Dihub>. Acesso em 10 de fevereiro de 2022.
- AUNG, L.; HERTOUGH, A. A.; STABY, G. L. Gibberellin like substances in bulb species. **Canadian Journal Botany**, v. 47, n. 11, p. 1817-1819, nov. 1969. Disponível em: <https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/b69-264>. Acesso em 10 de fevereiro de 2022.
- BENTO, R. U.; VENÂNCIO, D. G.; RIBEIRO, M. A. Adubação fosfatada e inoculação com microrganismos solubilizadores de fosfato na cultura do alho. 2º Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG, 2015, Pirenópolis. **Anais [...]**. Pirenópolis: UEG, v. 2, 2015, 10 p. Disponível em: <https://www.anais.ueg.br/index.php/cepe/article/view/5012>. Acesso em 19 de novembro de 2021.
- BIOTROP. **Biofree**, 2021. Disponível em: <https://biotrop.com.br/produto/manejo-biologico/biofree/>. Acesso em: 28 de novembro de 2021.
- BOEING, G.; SEBEN, J. C. **Alho**. Florianópolis: Instituto CEPA, 1995, 114 p.
- BRASIL. Portaria N° 242, de 17 de setembro de 1992. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, N° 184, p. 13.420-13.424, set. 1992. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/1279237/pg-1-secao-1-diario-oficial-da-uniao-dou-de-24-09-1992>. Acesso em 02 de janeiro de 2022.
- BRASIL. Lei N° 9.972, de 25 de maio de 2000. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, maio 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19972.htm. Acesso em 03 de janeiro de 2022.
- BÜLL, L. T. *et al.* Produção de bulbos e incidência de pseudoperfilhamento na cultura do alho vernalizado em função de adubações potássicas e nitrogenadas. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 3, p. 247-255, 2002.
- BÜLL, L. T. *et al.* Doses and forms of application of phosphorus in vernalized garlic. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 5, p. 516-521, set./out. 2004.
- DAS, S. *et al.* Response of biofertilizers and primary nutrients on growth and yield of garlic (*Allium sativum* L.) in new alluvial soil of West Bengal. **Current Journal of Applied Science and Technology**, v. 39, n. 10, p. 1-7, 2020.

DOMENICO, P. Effect of *Azospirillum brasilense* on garlic (*Allium sativum* L.) cultivation. **World journal of Advanced research and Reviews**, v. 02, n. 03, p. 008-013, 2019.

EMBRAPA. **Solos do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004, 745 p. (Embrapa Solos, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 46).

EPAGRI/CIRAM. Zoneamento agrícola considerando os risco climáticos para a cultura do alho (*allium sativum* L.) tardio, 2021. Disponível em: <https://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php/zoneamento-alho-tardio/>. Acesso em 29 de novembro de 2021.

EPAGRI/CIRAM. Agroconnect, Precipitação total para o município de Brunópolis – SC, Estação N° 2312/ Brunópolis – SC. Disponível em: <https://ciram.epagri.sc.gov.br/agroconnect/#>. Acesso em 10 de janeiro de 2022.

EPAGRI, **Boletim Agropecuário**. n. 101, 48 p., out. 2021. Disponível em: https://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/Boletim_agropecuario/boletim_agropecuario_n101.pdf . Acesso em 10 de novembro de 2021.

FRANÇA, A. R. *et al.* Growth and yield of carrot inoculate with *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas fluorescens*. **Revista Colombiana de Ciências Hortícolas**, v. 14, n. 3, p. 385-392, set./dez. 2020. Disponível em: https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_horticolos/article/view/10770/9888. Acesso em 13 de janeiro de 2022.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura**. 3 ed. Belo Horizonte: UFV, 421 p., 2008.

GOMES, E. A. *et al.* **Microrganismos promotores do crescimento em plantas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016, 56p. (Documentos, n. 208).

GOOGLE EARTH. **Brunópolis – SC: Vila Brasília**. CNES, [2019]. Imagem de satélite, color, 3D, Airbus Maxar Technologies. Lat. 27°20'36" S, Lon. 50°46'19". Disponível em: https://earth.google.com/web/@-27.34158428,-50.77514215,811.7512921a,3521.29701905d,35y,-0h,0t,0r?utm_source=earth7&utm_campaign=vine&hl=pt-BR. Acesso em 26 de novembro de 2021.

GOUDA, A. E. A. I.; MOSA, A. A. A. Effect of different potassium and sulfur fertilization rates and silicate and/or *Thiobacilli* bacteria inoculation on garlic (*Allium sativum* L.). **Journal of Plant Production**, v. 6, n. 8, p. 1371-1384, 2015.

HERNÁNDEZ-MONTIEL, L. G. *et al.* Efficiency of two inoculation methods of *Pseudomonas putida* on growth and yield of tomato plants. **Journal of soil Science and Plant Nutrition**, v. 17, n. 04, p. 1003-1012, dez. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.cl/pdf/jsspn/v17n4/art12.pdf>. Acesso em 08 de janeiro de 2022.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, ago. 2001, 48 p. (Circular Técnica, n. 35).

Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSO/18515/1/circTec35.pdf>. Acesso em 11 de janeiro de 2022.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: Inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: Embrapa Soja, n. 325, jan. 2011, 36 p. (Documentos, n. 325).

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. **Tecnologia de coinoculação: rizóbios e *Azospirillum* em soja e feijoeiro**. Embrapa Soja. Folder, 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/101148/1/folder-coinoculacao-2-copy.pdf>. Acesso em 15 de novembro de 2021.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. **Inoculação de braquiárias com *Azospirillum***. Embrapa Soja. Folder, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085771/inoculacao-de-braquiarias-com-azospirillum>. Acesso em 15 de novembro de 2021.

IBGE. **Produção Agropecuária – alho**. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/alho/br>. Acesso em 10 de novembro de 2021.

KUMAR, V.; SINGH, K. K. Influence of biofertilizers on quality and yield of garlic (*Allium sativum* L.). **The Pharma Innovation**, v. 9, n. 4, p. 350-352, 2020.

LIPINSKI, V. M.; GAVIOLA, S. Evaluación del redimiento y calidad de cultivares de ajo colorado fertirrigados com nitrógeno. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias**, v. 38, n. 2, p. 37-48, 2006.

LOPES, M. J. S. *et al.* Effect of *Pseudomonas fluorescens* and *Burkholderia pyrrocinia* on the growth improvement and physiological responses in *Brachiaria brizantha*. **Scientific Research Publishing**, v. 9, p. 250-265, jan. 2018. Disponível em: https://file.scirp.org/Html/11-2603512_82008.htm. Acesso em 07 de janeiro de 2022.

LOPES, M. J. S. *et al.* Biotecnologia microbiana: inoculação, mecanismos de ação e benefícios às plantas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, p. 1-13, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/20585/18316/249586#:~:text=Essa%20biotecnologia%20microbiana%20%C3%A9%20ben%C3%A9fica,contra%20estresses%20bi%C3%B3ticos%20e%20abi%C3%B3ticos>. Acesso em 20 de novembro de 2021.

LUCINI, M. A. **Alho: manual prático de produção**. 2. Ed. Curitiba: Bayer cropscience, 2004, 140 p.

LUZ, J. M. Q. *et al.* Manejo sustentável de fertilizantes fosfatados no alho. **Revista Campo e Negócios online**, maio 2019. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/manejo-sustentavel-de-fertilizantes-fosfatados-no-alho/>. Acesso em 13 de novembro de 2021.

MARQUELLI, W. A.; LUCINI, M. A. Manejo de irrigação na cultura do alho. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 26, n. 3, p. 46-49, nov. 2013/fev. 2014.

MAROUELLI, W. A. *et al.* **Irrigação na cultura do alho**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2014, 24 p. (Circular Técnica, n. 136). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1007679/1/CT136.pdf>. Acesso em 09 de janeiro de 2022.

MENDES, I. C. *et al.* **Bioanálise do solo: como acessar e interpretar a saúde do solo**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2018, 24 p. (Circular Técnica, n. 38).

MENEZES SOBRINHO, J. A. *et al.* **A cultura do alho**. Brasília: EMBRAPA, 50 p., 1993. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/11898/2/00013200.pdf>. Acesso em 11 de novembro de 2021.

MOUNIR, A. M.; OSMAN, Y. M.; KHALIL, O. A. A. Impact of potassium solubilizing bacteria on growth and yield of garlic. **Plant Archives**, v. 20, n. 2, p. 8374-8388, 2020.

NOVELLO, G. *et al.* The effects of plant growth-promoting bacteria with biostimulant features on the growth of a local onion cultivar and a comercial zucchini variety. **Agronomy**, v. 11, n. 888, p. 1-17, abr. 2021.

OLIVEIRA, M. A. *et al.* Adubação fosfatada associada à inoculação com *Pseudomonas fluorescens* no desempenho agrônômico do milho. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 1, n. 38, p. 18-25, 2015.

PANDOLFO, C. *et al.* **Atlas climatológico do estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002. Disponível em: <https://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php/solucoes/climatologia/>. Acesso em 23 de novembro de 2021.

PEIXOTO, C. P. (coord.). **Curso de fisiologia vegetal (teoria e prática)**. Cruz das Almas: UFRB, 2020, 218 p. Disponível em: <https://www2.ufrb.edu.br/mapeneo/documentos?download=5:curso-fisiologia-vegetal>. Acesso em 24 de dezembro de 2021.

PELLEGRINI, M. *et al.* *Allium cepa* L. inoculation with a consortium of plant growth-promoting bacteria: effects on plants, soil, and the autochthonous microbial community. **Microorganisms**, v. 9, n. 639, p. 1-12, mar. 2021.

PEREIRA, G. M. *et al.* Combination of *Azospirillum brasilense* and *Bradyrhizobium japonicum* in the promotion of initial corn growth. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 8, n. 1, art. E5360, jan./mar. 2021

PRIMAVESI, A. C. **Manejo Ecológico do Solo: A Agricultura nas Regiões Tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002, 550 p.

RESENDE, G. M. Desempenho de cultivares de alho no norte de Minas Gerais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.15, n.2, p. 127-130, nov. 1997. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/88686/1/Geraldo-1997.pdf>. Acesso em 08 de janeiro de 2022.

RESENDE, G. M.; CHAGAS, S. J. R.; PEREIRA, L. V. Características produtivas e qualitativas de cultivares de alho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n.4, p. 6886-689, out./dez. 2003.

RESENDE, F. V. *et al.* Produção de alho-semente livre de vírus em pequenas propriedades. Brasília: Embrapa Hortaliças, dez. 2011, 12 p. (Circular Técnica, n. 99). Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/916712/producao-de-alho-semente-livre-de-virus-em-pequenas-propriedades>. Acesso em 08 de janeiro de 2022.

RESENDE, F. V.; HABER, L. L.; PINHEIRO, J. B. **A cultura do alho**. Embrapa Documentos, 35 p., 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355126/9124396/Sistema+de+Produ%C3%A7%C3%A3o+de+Alho/64258d94-6bb8-4826-a0e9-ece47aa434ff#:~:text=A%20esp%C3%A9cie%20%C3%A9%20origin%C3%A1ria%20da,Brasil%20na%20%C3%A9poca%20do%20descobrimento>. Acesso em 11 de novembro de 2021.

ROSEN, J. **Produtores rurais estão diante de uma crise de fósforo e a solução começa pelo solo**. National Geographic Brasil, nov. 2020. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2020/10/produtores-rurais-estao-diante-de-uma-crise-de-fosforo-solucao-solo>. Acesso em 14 de janeiro de 2022.

SHAFEEK, M. R. *et al.* Impacto r inoculation with P-fixers bacteria and nutrient compound on growth, yield and nutritional values of garlic plant (*Allium sativum* L.). **Middle East Journal of Agriculture**, v. 07, n. 03, p. 816-825, jul./set. 2018.

SANDINI, I. E. *et al.* Seed inoculation with *Pseudomonas fluorescens* promotes growth, yield and reduces nitrogen applications in maize. **International Journal of Agriculture & Biology**. v. 22, n. 6, p. 1369-1375, 2019.

SANTOS, P. J. C. *et al.* **Utilização de *Pseudomonas fluorescens* no controle biológico de *Macrophomina phaseolina***. Londrina: Embrapa Soja, 2010, 3 p. (Documentos, n. 323).

SBCS – SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2007, 1017 p.

SBCS – SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. [S.L.]: Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2016, 376 p.

SILVA, E. C. *et al.* Efeito de doses de potássio (cloreto de potássio) e nitrogênio (sulfato de amônio) em alho proveniente de cultura de tecidos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, p. 917-923, 2000.

SOUZA, R. J. **Influência do nitrogênio, potássio, cycocel e áclobutrazol na cultura do alho (*Allium sativum* L.)**. 1990. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – UFV, Viçosa, 1990, 143 p. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/12204/1/TESE_Influ%C3%Aancia%20do%20nitro%20g%C3%AAnio%20pot%C3%A1ssio%20cycocel%20e%20paclobutrazol%20na%2

Ocultura%20do%20alho%20%28Allium%20sativum%20L.%29.pdf. Acesso em 7 de fevereiro de 2022.

SOUZA, R. J.; MACÊDO, F. S. **Cultura do alho: tecnologias modernas de produção**. Lavras: UFLA, 2009, 181 p.

SOUZA SALES, L. Z. *et al.* Inoculação com *Azospirillum brasilense* e redução da adubação nitrogenada em arroz de terras altas. **Research Society and Development**, v. 10, n. 7, p. 1-10, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/16345/14570>. Acesso em 13 de janeiro de 2022.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias)**. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 2014, 452 p.

TAKAGI, H.; AOBA, T. The effect of growth regulators on shoot and bulb formation. **Journal of the Yamagata Agriculture and Forestry Society**, v. 33, p. 39-50, 1976.

VIEIRA NETO, S. A. *et al.* Formas de aplicação de inoculante e seus efeitos sobre a nodulação da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 861-870, abr. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/CyDQ8ybgrjyqzVHv4tWB9Jm/?lang=pt>. Acesso em 9 de fevereiro de 2022.

VILLAS BÔAS, R. L. *et al.* Adubações fosfatada e potássica afetando a produção de bulbos de alho. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 55, n. 6, p. 605-609, nov./dez. 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/259936390_Phosphate_and_potassium_fertilization_in_garlic_production. Acesso em 09 de janeiro de 2022.

WANG, J. *et al.* White rot disease protection and growth promotion of garlic (*Allium sativum* L.) by endophytic bacteria. **Plant Pathology**, v. 68, p. 1543-1554, 2019.

WANG, M. *et al.* Effect of the nitrogen-fixing bacterium *Pseudomonas protegens* CHAO- Δ retS-nif on garlic growth under different field conditions. **Industrial Crops & Products**, n. 145, p. 1-8, 2020.

WREGE, M. S. *et al.* (ed.). **Atlas climático da região sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do sul**. 2. Ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2012, 334 p.

YOUSSIF, B. D. S.; HOSNA, A. F. M.; AMARA, M. A. T. Effect of sulphur and sulphur oxidizing bacteria on growth and production of garlic (*Allium sativum* L.) under saline conditions. **Middle east Journal of agriculture**, v. 4, n. 3, p. 446-459, jul./set. 2015.

ANEXOS

ANEXO A – Análise de solo da área do experimento.



terranalises
terranalises.com.br

RELATÓRIO DE ENSAIO: S_8007.2021

Cliente: Verdes Campos Comercio de Insumos Agrícolas LTDA.	CNPJ: 08.670.147/0002-81	IE: não informado
Endereço: Rua Joaquim Rosa S/N	Cidade: Brunópolis, Santa Catarina	CEP: 89.634-000
Proprietário: HERCÍLIO FRANCISCO	Localidade: VILA BRASÍLIA	
Data de Recebimento: 23/04/2021	Data de realização dos ensaios: 26/04/2021	Conclusão do relatório: 28/04/2021

Protocolo	DADOS DA AMOSTRA						
	Matrícula	Cultura	Coletor	Data da Coleta	Ponto Coleta	Profundidade (cm)	Área (ha)
S.8007.2021.SI.1.3	NAO INFORMADO	SOJA / ALHO	vide(1)	não informado	-AMOSTRA 01	0-20	1,0

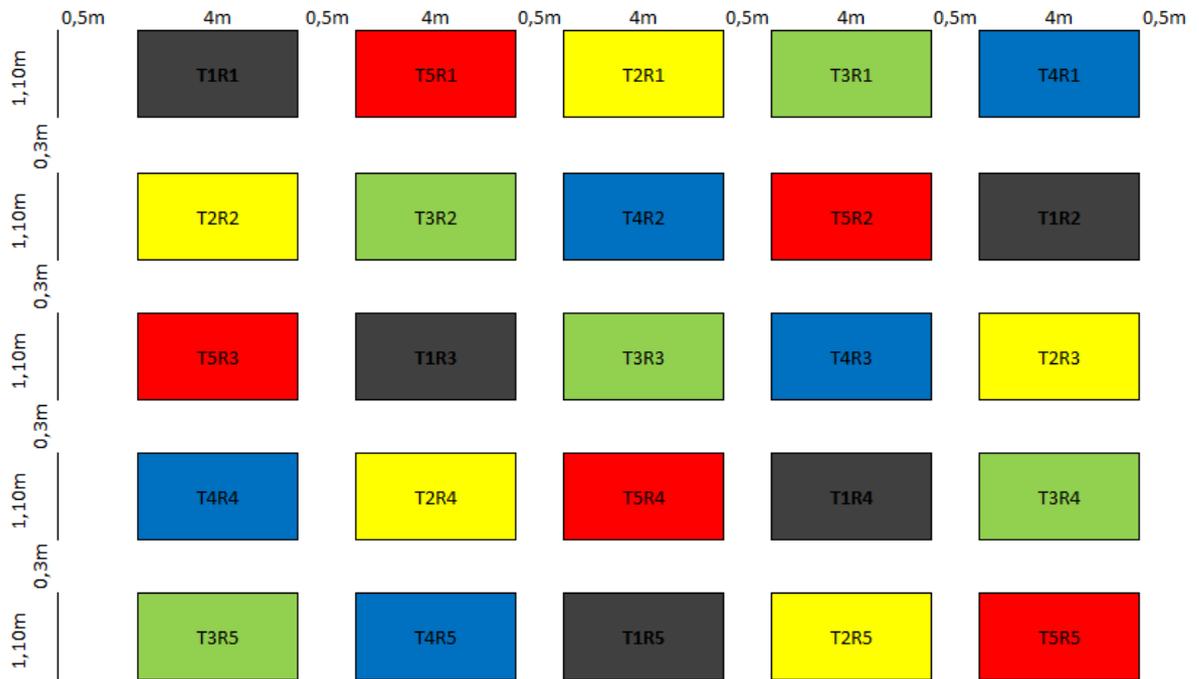
Amostra	Argila %	pH 1:1	Índice SMP	Fósforo mg/dm ³	Potássio mg/dm ³	Potássio cmolc/dm ³	Potássio (%)	Matéria orgânica %	Alumínio cmolc/dm ³
S.8007.2021.SI.1.3	38	6,5	6,8	108,07	340,64	0,87	5,61	3,17	<0,01

Amostra	Cálcio cmolc/dm ³	Magnésio cmolc/dm ³	Cálcio (%)	Magnésio (%)	Carbono g/dm ³	Acidez Potencial cmolc/dm ³	Saturação de bases %	Soma de bases cmolc/dm ³	CTC efetiva cmolc/dm ³
S.8007.2021.SI.1.3	7,92	4,99	51,06	32,12	18,43	1,74	88,79	13,8	14,04

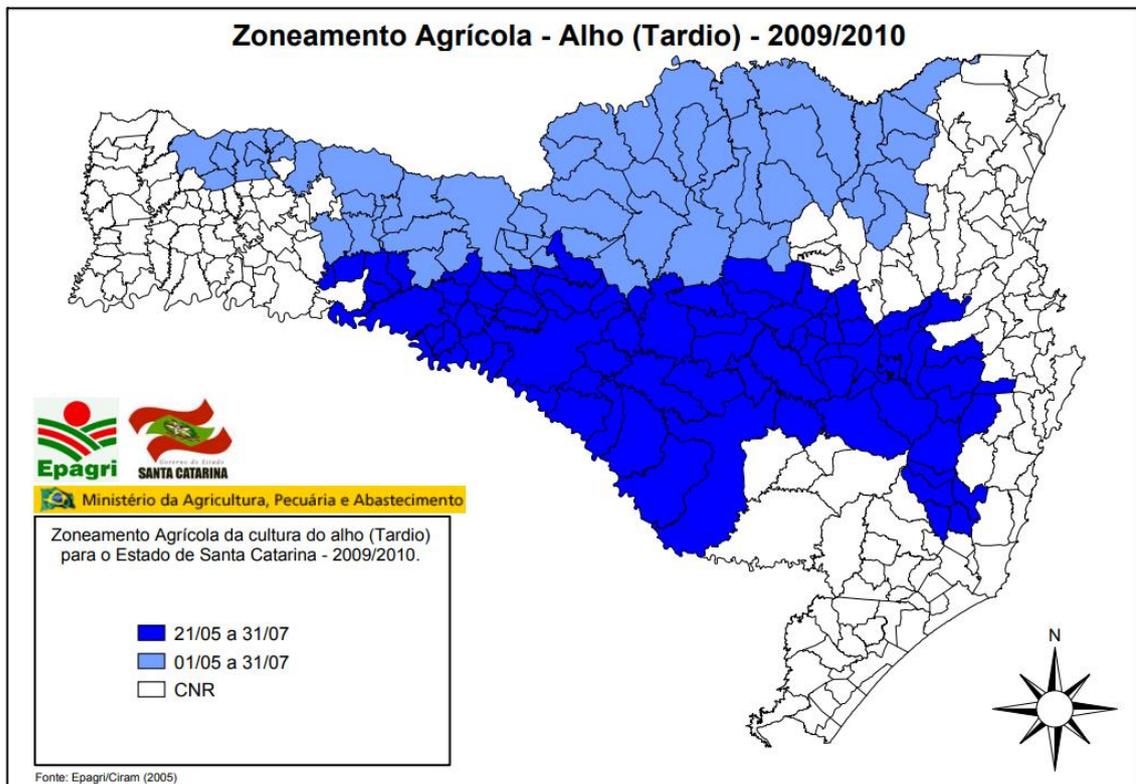
Amostra	CTC pH7 cmolc/dm ³	Saturação por alumínio %	Cálcio / magnésio	Cálcio / potássio	Magnésio / potássio	Ferro mg/dm ³	Manganês mg/dm ³	Cobre mg/dm ³	Zinco mg/dm ³
S.8007.2021.SI.1.3	15,52	0,00	1,59	9,10	5,72	11,36	<1,11	2,11	7,12



ANEXO B – Croqui do experimento.



ANEXO C – Zoneamento agrícola para cultura do alho (Tardio).



Fonte: EPAGRI/CIRAM, 2021.

ANEXO D - Resultado da análise de variância (ANOVA), para a variável estatura de plantas em 03/07/21, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	0,678	0,169	0,094	0,9829
REPETIÇÃO	4	3,074	0,768	0,427	0,7868
ERRO	16	28,78			
Total corrigido	24	32,531			

CV (%) = 8,94

Média geral = 15,007

FV: fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor tabela f; **Pr:** p valor; **CV:** coeficiente de variação. Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

ANEXO E - Resultado da análise de variância (ANOVA), para a variável estatura de plantas em 14/08/21, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	29,661	7,415	0,822	0,5300
REPETIÇÃO	4	36,321	9,080	1,007	0,4330
ERRO	16	144,330	9,021		
Total corrigido	24	210,313			

CV (%) = 9,45

Média geral = 31,8

FV: fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor tabela f; **Pr:** p valor; **CV:** coeficiente de variação. Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

ANEXO F - Resultado da análise de variância (ANOVA), para a variável estatura de plantas em 02/08/21, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	45,865	11,466	0,691	0,6086
REPETIÇÃO	4	620,457	155,112	9,353	0,0004
ERRO	16	265,333	16,583		
Total corrigido	24	931,644			

CV (%) = 5,95

Média geral = 68,47

FV: fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor tabela f; **Pr:** p valor; **CV:** coeficiente de variação. Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

ANEXO G - Resultado da análise de variância (ANOVA), para a variável diâmetro de bulbos frescos, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	9,263	2,316	0,741	0,5775
REPETIÇÃO	4	9,526	2,381	0,763	0,5648
ERRO	16	49,969	3,123		
Total corrigido	24	68,758			

CV (%) = 4,54

Média geral = 38,89

FV: fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor tabela f; **Pr:** p valor; **CV:** coeficiente de variação. Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

ANEXO H - Resultado da análise de variância (ANOVA), para a variável massa de plantas frescas, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	249,25	62,311	1,494	0,2508
REPETIÇÃO	4	371,481	92,870	2,226	0,1120
ERRO	16	667,498	41,718		
Total corrigido	24	1.288,226			

CV (%) = 12,16

Média geral = 53,129

FV: fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor tabela f; **Pr:** p valor; **CV:** coeficiente de variação. Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

ANEXO I - Resultado da análise de variância (ANOVA), para a variável estatura de plantas na colheita, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	432,542	108,136	5,000	0,0083
REPETIÇÃO	4	168,213	42,053	1,945	0,1520
ERRO	16	345,999	21,625		
Total corrigido	24	946,755			

CV (%) = 7,52

Média geral = 61,846

FV: fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor tabela f; **Pr:** p valor; **CV:** coeficiente de variação. Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

ANEXO J - Resultado da análise de variância (ANOVA), para a variável diâmetro do pseudocaule, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	73,195	18,299	12,317	0,0001
REPETIÇÃO	4	27,237	6,809	4,583	0,0117
ERRO	16	23,770	1,486		
Total corrigido	24	124,202			

CV (%) = 11,59

Média geral = 10,52

FV: fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor tabela f; **Pr:** p valor; **CV:** coeficiente de variação. Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

ANEXO K - Resultado da análise de variância (ANOVA), para a variável número de folhas, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	2,266	0,5666	3,273	0,0385
REPETIÇÃO	4	1,434	0,359	2,072	0,1323
ERRO	16	2,770	0,173		
Total corrigido	24	6,470			

CV (%) = 7,34

Média geral = 5,67

FV: fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor tabela f; **Pr:** p valor; **CV:** coeficiente de variação. Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

ANEXO L - Resultado da análise de variância (ANOVA), para a variável diâmetro de bulbo pós-cura, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	13,119	3,280	0,787	0,5504
REPETIÇÃO	4	8,375	2,094	0,502	0,7346
ERRO	16	66,697	4,168		
Total corrigido	24	88,191			

CV (%) = 5,32

Média geral = 38,34

FV: fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor tabela f; **Pr:** p valor; **CV:** coeficiente de variação. Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

ANEXO M - Resultado da análise de variância (ANOVA), para a variável número de bulbilhos, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	8,340	2,085	2,813	0,0608
REPETIÇÃO	4	3,040	0,760	1,025	0,4241
ERRO	16	11,860	0,741		
Total corrigido	24	23,240			

CV (%) = 11,51

Média geral = 7,48

FV: fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor tabela f; **Pr:** p valor; **CV:** coeficiente de variação. Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

ANEXO N - Resultado da análise de variância (ANOVA), para a variável massa de bulbo pós-cura, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	22,705	5,676	1,019	0,4271
REPETIÇÃO	4	19,949	4,987	0,895	0,4894
ERRO	16	89,125	5,570		
Total corrigido	24	131,779			

CV (%) = 11,27

Média geral = 20,93

FV: fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor tabela f; **Pr:** p valor; **CV:** coeficiente de variação. Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

ANEXO O - Resultado da análise de variância (ANOVA), para a variável massa da parte aérea pós-cura, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	1,669	0,417	1,801	0,1781
REPETIÇÃO	4	1,440	0,360	1,554	0,2343
ERRO	16	3,708	0,232		
Total corrigido	24	6,818			

CV (%) = 20,64

Média geral = 2,33

FV: fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor tabela f; **Pr:** p valor; **CV:** coeficiente de variação. Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

ANEXO P - Resultado da análise de variância (ANOVA), para a variável produtividade, em experimento conduzido em Brunópolis-SC, na safra 2021.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	4407573,31	1101893,33	1,941	0,1526
REPETIÇÃO	4	23548136,16	5887034,04	10,369	0,0002
ERRO	16	9084325,31	567770,33		
Total corrigido	24	37040034,78			

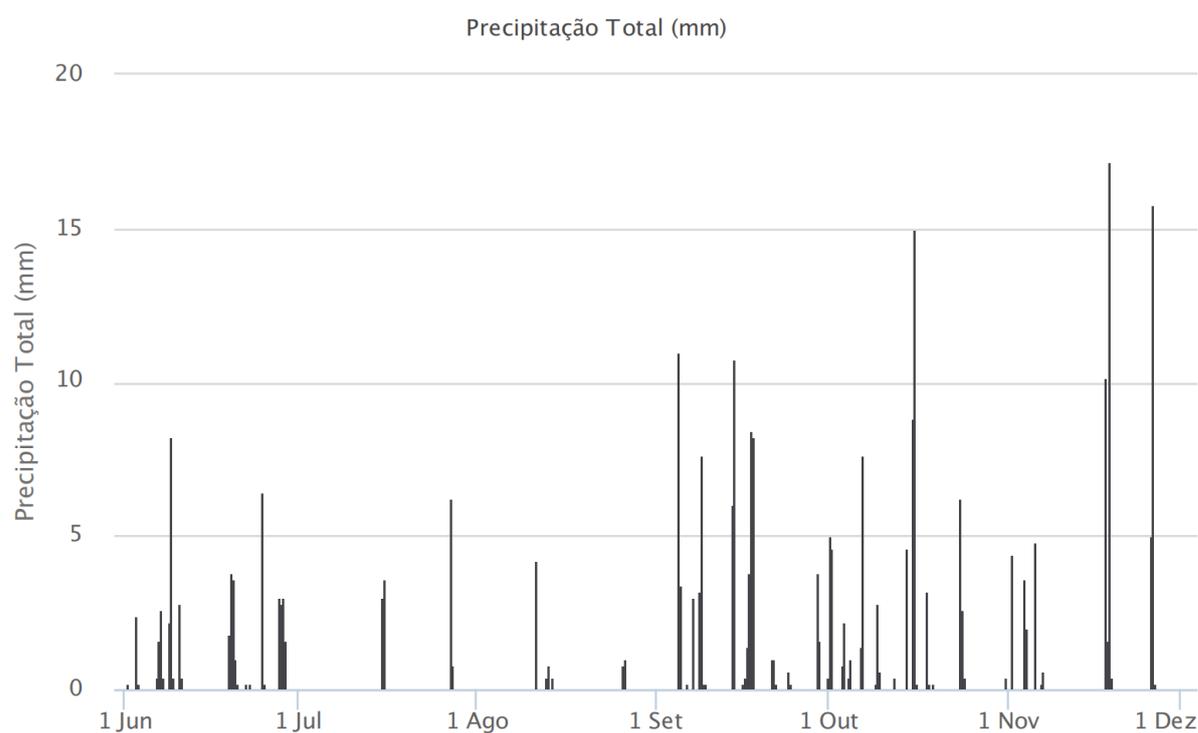
CV (%) = 10,33

Média geral = 7.297,28

FV: fonte de variação; **GL:** graus de liberdade; **SQ:** soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **Fc:** valor tabela f; **Pr:** p valor; **CV:** coeficiente de variação. Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

ANEXO Q – Precipitação total (mm) dos meses de junho, julho, agosto, setembro, outubro e novembro de 2021, no município de Brunópolis –SC.

2312 : Brunópolis – Centro



FONTE: EPAGRI/CIRAM, 2022.