

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

GABRIEL IVAN ILÍDIO DUARTE

**BIOPROSPECÇÃO DE ISOLADOS DE *Trichoderma* spp. e *Bacillus* spp. CONTRA
Stromatinia cepivora e *Setophoma terrestris*, PATÓGENOS das CULTURAS DO ALHO e
CEBOLA**

MONTE CARMELO

2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

GABRIEL IVAN ILÍDIO DUARTE

BIOPROSPECÇÃO DE ISOLADOS DE *Trichoderma* spp. e *Bacillus* spp. CONTRA *Stromatinia cepivora* e *Setophoma terrestris*, PATÓGENOS das CULTURAS DO ALHO e CEBOLA

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Sérgio Vieira.

Monte Carmelo
2025

Agradecimento

Venho expressar minha sincera gratidão a todos que contribuíram para a realização deste Trabalho de Conclusão de Curso. Agradecimentos especiais a meu orientador, Prof. Bruno Vieira, pela oportunidade de ter sua orientação e apoio contínuo ao longo do desenvolvimento do projeto, ao colega Fernando Garcia por toda sua colaboração e apoio. Agradeço também aos membros da banca examinadora, pelas suas contribuições e sugestões para a melhoria da qualidade do trabalho. Por fim, quero agradecer aos colegas de curso e amigos que proporcionaram apoio e incentivo durante esta jornada acadêmica.

Sumário

1. Introdução	7
2. Referencial Teórico.....	9
3. Uso de antagonistas como agentes de controle biológico de doenças de plantas.....	15
4. Material e métodos.....	20
5. Resultados	23
6. Discussão.....	29
7. Conclusão	31
8. Referências	32

Resumo

A produção agrícola é um setor essencial para a economia brasileira, com destaque para as culturas de alho e cebola, que desempenham um papel fundamental no abastecimento interno e na exportação. No entanto, essas culturas enfrentam desafios fitossanitários significativos, como a podridão branca, causada pelo fungo *Stromatinia cepivora*, e a raiz rosada, provocada por *Setophoma terrestris*. Ambas as doenças afetam a produtividade e a qualidade dos cultivos, exigindo estratégias eficazes de manejo. O controle biológico tem se mostrado uma alternativa promissora para a mitigação de fitopatógenos, reduzindo a dependência de produtos químicos e promovendo uma abordagem mais sustentável. Nesse contexto, este estudo avaliou a eficácia de isolados de *Trichoderma* spp. e *Bacillus* spp. no controle *in vitro* dos patógenos *S. terrestris* e *S. cepivora*. Os resultados demonstraram que os isolados T3, TA2 e T58 de *Trichoderma* spp. inibiram 48% do crescimento de *S. terrestris*, enquanto T62, T03 e T58 apresentaram taxas de inibição de 70%, 68% e 67%, respectivamente, contra *S. cepivora*. O isolado A10B5 de *Bacillus* spp. mostrou alta eficiência, inibindo 65% do crescimento de *S. terrestris* e 77% de *S. cepivora*. Os achados deste estudo indicam que *Trichoderma* spp. e *Bacillus* spp. possuem um elevado potencial como agentes de controle biológico, podendo ser incorporados em programas de manejo integrado para reduzir a incidência dessas doenças em cultivos de alho e cebola. Pesquisas adicionais são recomendadas para validar a eficácia desses microrganismos em condições de campo e explorar sua aplicação em larga escala na agricultura.

Abstract

Agricultural production is an essential sector of the Brazilian economy, with a particular emphasis on garlic and onion crops, which play a fundamental role in both domestic supply and exports. However, these crops face significant phytosanitary challenges, such as white rot, caused by the fungus *Stromatinia cepivora*, and pink root, caused by *Setophoma terrestris*. Both diseases affect crop productivity and quality, requiring effective management strategies. Biological control has proven to be a promising alternative for mitigating phytopathogens, reducing dependence on chemical products, and promoting a more sustainable approach. In this context, this study evaluated the efficacy of *Trichoderma* spp. and *Bacillus* spp. isolates in the in vitro control of the pathogens *S. terrestris* and *S. cepivora*. The results showed that the T3, TA2, and T58 isolates of *Trichoderma* spp. inhibited 48% of *S. terrestris* mycelial growth, while T62, T03, and T58 presented inhibition rates of 70%, 68%, and 67%, respectively, against *S. cepivora*. The A10B5 isolate of *Bacillus* spp. demonstrated high efficiency, inhibiting 65% of *S. terrestris* growth and 77% of *S. cepivora*. The findings of this study indicate that *Trichoderma* spp. and *Bacillus* spp. have high potential as biological control agents and can be incorporated into integrated management programs to reduce the incidence of these diseases in garlic and onion crops. Further research is recommended to validate the efficacy of these microorganisms under field conditions and to explore their large-scale application in agriculture.

1. Introdução

A produção agrícola desempenha um papel crucial na economia brasileira, com destaque para as culturas de hortaliças, como o alho e a cebola, que são essenciais tanto para o consumo interno quanto para a exportação. Essas culturas, além de fazerem parte da alimentação diária dos brasileiros, são fundamentais para a culinária mundial e possuem grande importância na indústria alimentícia. No Brasil, a produção de alho e cebola tem se expandido ao longo dos anos, sendo influenciada por fatores como inovações tecnológicas, características climáticas e práticas de cultivo (ANAPA, 2024).

Em relação ao alho, o Brasil possui uma área cultivada de cerca de 13.000, com Minas Gerais se destacando como o maior produtor nacional. A produtividade média de alho no país varia entre 181.000 toneladas, com picos em algumas regiões tecnificadas. A produção de cebola no Brasil, por sua vez, ocupa uma área de aproximadamente 48.900 ha, com o Rio Grande do Sul como líder de produção. A produtividade da cebola no país gira em torno de 1.700.000 toneladas (IBGE, 2022).

Esses números refletem o crescente investimento em tecnologias agrícolas, como o uso de sistemas de irrigação mais eficientes, variedades adaptadas e práticas de controle de pragas e doenças, que têm sido fundamentais para aumentar a produtividade e melhorar a qualidade dos produtos. No entanto, a produção de alho e cebola no Brasil enfrentando desafios, como as mudanças climáticas, a incidência de doenças e pragas e a competição com outros países produtores, como a China e a Índia.

Os patógenos *Stromatinia cepivora*, causador da podridão branca do alho, e *Setophoma terrestris*, agente causal da raiz rosada, têm gerado preocupações em diversas regiões produtoras, afetando negativamente a produtividade e a qualidade das culturas do alho e cebola. Essas doenças fúngicas podem causar perdas significativas, exigindo o desenvolvimento de novas abordagens para o manejo dessas doenças.

A podridão branca, provocada pelo fungo *Stromatinia cepivora* Berk. (sinônimo *Sclerotium cepivorum*), é favorecida por condições de alta umidade e temperaturas entre 10 e 20°C (LOURENÇO JÚNIOR et al., 2018). A formação

de escleródios, estruturas de resistência que favorece a permanência no solo por longos períodos. O controle dessa doença deve ser principalmente preventivo, incluindo o uso de sementes saudáveis e a higienização de equipamentos, como máquinas e ferramentas agrícolas (REIS; OLIVEIRA, 2013). A doença tem causado o abandono de plantações de alho e cebola em diversas áreas de Minas Gerais e São Paulo (LOURENÇO JÚNIOR et al., 2018).

Os principais sinais da podridão branca incluem o amarelecimento das folhas, redução do crescimento das plantas, seca das folhas mais velhas, murcha e apodrecimento dos bulbos e raízes, formando áreas afetadas no campo em reboleiras (REIS, 2011). Em ambientes com alta umidade, o fungo desenvolve um micélio branco nas superfícies dos bulbos e raízes e produz escleródios que podem permanecer viáveis no solo por até 20 anos (COLEY-SMITH et al., 1990). A disseminação do fungo ocorre por meio da água de irrigação, do uso de alho-semente infectado, e pelo transporte de máquinas, ferramentas e outros materiais utilizados na produção (LOURENÇO JÚNIOR et al., 2018).

A raiz rosada tem como patógeno fúngico *Setophoma terrestres* (syn. *Pyrenochaeta terrestres*; *Phoma terrestris*) que pode afetar diversas culturas, incluindo cebola e alho, causando sérios danos às plantas. Esse fungo ataca principalmente as raízes e os bulbos, promovendo o apodrecimento e o murchamento das plantas. Os sintomas típicos incluem o amarelecimento e o murchamento das folhas, com redução do crescimento, além do apodrecimento das raízes e bulbos, comprometendo a qualidade e a produtividade das culturas (FANQUIN, 2022). O fungo se desenvolve em solos com alta umidade, onde pode se espalhar por meio de sementes infectadas, ferramentas e equipamentos agrícolas.

“No Brasil, a primeira ocorrência de raiz-rosada foi relatada por Chaves & Erickson, em 1960, em culturas de cebola no estado de Minas Gerais (Wordell Filho & Boff, 2006). Embora *Phoma terrestris* seja um patógeno de baixa especificidade encontrado em solos onde são cultivadas aliáceas, sua ocorrência se intensifica em regiões quentes, onde se adota o cultivo contínuo desta cultura e o manejo convencional (Lenz, 2005).”

Em razão do significativo impacto negativo que pode ter na produção, é essencial adotar práticas de manejo preventivo, como o uso de sementes livres de patógenos, rotação de culturas e controle adequado da irrigação, a fim de

reduzir a incidência e a disseminação de *S. terrestris* em plantações de cebola e alho (REIS, 2016).

A utilização de agentes biológicos no controle de doenças de plantas tem se consolidado como uma alternativa sustentável e eficiente aos métodos convencionais, baseados em produtos químicos. O controle biológico, por meio de organismos antagonistas, é uma prática que visa reduzir a incidência de patógenos de maneira ambientalmente sustentável, sem prejudicar a saúde dos ecossistemas com deposição de residual de moléculas não-biodegradáveis e a redução da pressão de seleção induzida pelo uso suscetível do mesmo princípio ativo. Entre os principais agentes de controle biológico, destacam-se os fungos do gênero *Trichoderma* e as bactérias do gênero *Bacillus*, ambos conhecidos por suas propriedades antagonistas contra uma ampla gama de patógenos (BUAINAIN et al., 2021).

Fungos do gênero *Trichoderma* são amplamente utilizados em controle biológico, sendo eficaz na supressão de fitopatógenos por mecanismos como a competição por nutrientes, a produção de enzimas líticas e a indução de resistência nas plantas. Além disso, *Bacillus*, uma bactéria gram-positiva, também tem se destacado devido à sua capacidade de produzir substâncias antimicrobianas, como lipopeptídeos, que inibem o crescimento de diversos patógenos de plantas.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a ação antagonista de isolados de *Trichoderma* spp. e *Bacillus* spp. contra *Stromatinia cepivora* e *Setophoma terrestris*, por meio de testes *in vitro*.

2. Referencial Teórico

2.1. A cultura do alho

A cultura do alho (*Allium sativum*), originária da Ásia Central, tem se consolidado como uma das hortaliças mais importantes em diversas partes do mundo, tanto pelo seu valor nutricional quanto pelas suas propriedades terapêuticas (Landau et al., 2020). Cultivado principalmente em solos bem drenados, preferencialmente argilosos, o alho requer clima temperado, com

temperaturas ideais entre 13°C e 20°C, e um período de frio para induzir a formação dos bulbos. A propagação da planta é realizada por meio dos bulbilhos do alho, que são as unidades vegetativas de multiplicação. Estes bulbilhos devem ser escolhidos com cuidado, livres de patógenos e de alta qualidade, para garantir o bom desenvolvimento das plantas (REIS et al., 2017; RESENDE, 2018;). O alho pode ser cultivado em diversos tipos de solo, desde que haja boa drenagem e o espaçamento entre as linhas de plantio deve variar entre 20 a 30 cm, com os bulbilhos sendo colocados a uma profundidade de 5 a 7 cm e espaçados entre 10 a 15 cm.

O alho possui uma ampla gama de utilizações, tanto culinárias quanto medicinais. Na culinária, é um tempero fundamental em diversas culturas, utilizado para dar sabor a pratos como sopas, molhos, marinadas e acompanhamentos. Seu sabor forte e característico é um diferencial em muitas receitas. No campo medicinal, o alho é valorizado por suas propriedades terapêuticas. Compostos bioativos presentes no alho, como a alicina, têm demonstrado atividades antimicrobianas, antioxidantes e anti-inflamatórias. O consumo de alho pode auxiliar na redução dos níveis de colesterol, na melhora da pressão arterial, no fortalecimento do sistema imunológico e no controle de infecções bacterianas e fúngicas. Além disso, o alho é utilizado no tratamento de doenças respiratórias e na prevenção de diversos tipos de doenças crônicas, como doenças cardiovasculares e cânceres (Lima., 2019).

Entretanto, o cultivo do alho enfrenta diversos desafios fitossanitários. As principais doenças que afetam o alho incluem o míldio (*Peronospora destructor*), que causa manchas amareladas nas folhas, comprometendo o desenvolvimento da planta, e a fusariose (*Fusarium* spp.), que afeta as raízes e o sistema vascular, reduzindo a qualidade dos bulbos. A murcha de verticillium (*Verticillium* spp.) também é um problema, pois ataca as raízes e provoca o murchamento das plantas. A bacteriose, causada pela bactéria *Pseudomonas* spp., provoca necrose nas folhas e pode levar à podridão dos bulbos. O controle dessas doenças é realizado por meio de fungicidas, rotação de culturas e manejo adequado das práticas de irrigação (Marcuzzo e Silva, 2021, Marcuzzo, 2020; Becker, 2004).

A produção de alho é severamente afetada por doenças como a podridão branca e a raiz rosada, ambas responsáveis por perdas significativas na lavoura.

O fungo *Stromatinia cepivora* pode permanecer latente no solo por anos, tornando seu controle um grande desafio para os produtores. Já a *Setophoma terrestris* provoca o escurecimento e a deterioração das raízes, dificultando o crescimento das plantas. O manejo eficiente dessas doenças envolve o uso de variedades resistentes, a adoção de práticas culturais que reduzam a umidade excessiva no solo e a aplicação de fungicidas específicos quando necessário.

Além disso, os nematóides (*Meloidogyne* spp.) são um dos principais problemas, pois atacam as raízes da planta, comprometendo seu crescimento e desenvolvimento. As pragas como a mosca-do-alho (*Delia antiqua*), que coloca suas larvas nos bulbos, podem causar danos significativos, com a presença de buracos nos bulbos e deterioração do produto. Os pulgões (*Aphididae*), apesar de menos frequentes, também são uma preocupação, pois podem transmitir vírus e deformar as folhas da planta. O controle de pragas é realizado com o uso de armadilhas, inseticidas e práticas de manejo integrado, que incluem o uso de inimigos naturais e técnicas preventivas.

Além dos desafios fitossanitários, o cultivo do alho enfrenta questões relacionadas ao clima, ao custo de produção e ao mercado. O alho é sensível a variações climáticas, como geadas tardias ou períodos de seca prolongada, que podem prejudicar seu desenvolvimento. O controle de doenças e pragas também exige investimentos contínuos, especialmente em produtos fitossanitários, sementes de qualidade e em práticas adequadas de manejo. O custo de produção do alho pode ser elevado devido ao processo manual de plantio, que envolve o plantio dos bulbilhos e a necessidade de sementes sadias. No mercado, os produtores de alho enfrentam uma forte concorrência com a importação de alho de países como a China, o que muitas vezes resulta em preços mais baixos para o produto nacional, dificultando a competitividade dos agricultores (Botas, 2017).

Outro desafio significativo para os produtores de alho está relacionado ao armazenamento e à pós-colheita. O alho é um produto que exige cuidados especiais durante a secagem e o armazenamento, pois, caso não sejam seguidas as técnicas adequadas, pode ocorrer brotação precoce ou apodrecimento devido a patógenos. A manutenção da qualidade do alho após a colheita é essencial para prolongar a vida útil do produto e reduzir perdas. Técnicas de secagem eficientes e um ambiente controlado para o

armazenamento são fundamentais para a conservação do alho, garantindo que o produto chegue ao mercado em boas condições.

Em face desses desafios, a adoção de práticas agrícolas sustentáveis, como a rotação de culturas, o uso de variedades resistentes a doenças e pragas, e o manejo adequado das condições climáticas e do solo, é fundamental para a sustentabilidade da cultura do alho. O uso de tecnologias adequadas para o controle fitossanitário, bem como a promoção das propriedades nutricionais e medicinais do alho, podem contribuir para o aumento da demanda e a diversificação de mercados. Dessa forma, a cultura do alho, apesar dos desafios, continua sendo uma atividade agrícola de grande relevância econômica e social, com potencial para oferecer benefícios tanto para os consumidores quanto para os produtores (Antonio et al., 2013).

2.2. A cultura da Cebola

A cultura da cebola (*Allium cepa*) é uma das mais importantes no Brasil e no mundo, tanto pela sua relevância na alimentação humana quanto pelo impacto econômico no setor agrícola. Originária da Ásia Central, a cebola é cultivada em diversas regiões do globo, adaptando-se bem a climas temperados e subtropicais, com temperaturas ideais entre 18°C e 25°C. Sua propagação é realizada principalmente por sementes, mas também pode ser feita por bulbos ou mudas. A cebola exige solos bem drenados e ricos em matéria orgânica, com pH ligeiramente ácido, variando entre 5,5 e 6,5. O cultivo bem-sucedido depende de um manejo adequado da irrigação, pois a planta necessita de boa quantidade de água durante o crescimento, mas não tolera solos encharcados, que podem prejudicar as raízes e aumentar a incidência de doenças (RESENDE et al., 2015).

A cebola é uma planta fotoperiódica, ou seja, seu desenvolvimento é influenciado pela duração da luz. Existem variedades que respondem a fotoperíodos curtos e outras a fotoperíodos longos, o que determina a época de plantio e a produção de bulbos. O ciclo da cebola pode variar de 90 a 150 dias, dependendo da cultivar e das condições climáticas. O plantio é realizado com espaçamento entre 30 a 40 cm entre as linhas e 10 a 15 cm entre as plantas. Após a colheita, os bulbos precisam passar por um processo de cura, que é

fundamental para prolongar sua durabilidade no armazenamento e garantir a qualidade do produto (RESENDE et al., 2015).

Na culinária, a cebola é utilizada de diversas formas: fresca, cozida, frita, desidratada ou em conserva. Ela é um ingrediente fundamental em muitos pratos, como sopas, saladas, molhos e refogados, sendo valorizada pelo sabor característico e pela contribuição nutricional. A cebola é rica em vitaminas, como a vitamina C, minerais como potássio e cálcio, fibras e compostos bioativos, como os flavonoides, que têm propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias. Além disso, a cebola possui compostos sulfurados, como a quercetina e o dialil sulfeto, que têm demonstrado benefícios para a saúde cardiovascular, além de atuarem como agentes antimicrobianos. Esses compostos também ajudam a fortalecer o sistema imunológico e a reduzir o risco de doenças crônicas, como o câncer.

Além de seu valor nutricional, a cebola tem uma longa tradição na medicina popular, sendo utilizada para tratar diversas condições, como tosse, gripes e problemas digestivos. Os compostos sulfurados presentes na cebola são eficazes no controle de bactérias e fungos, o que torna a planta útil no tratamento de infecções. Além disso, a cebola tem sido associada ao controle da pressão arterial e do colesterol, ajudando na prevenção de doenças cardíacas e melhorando a circulação sanguínea.

No entanto, o cultivo da cebola não está isento de desafios fitossanitários. Entre as principais doenças que afetam a cultura, destacam-se o míldio da cebola (*Peronospora destructor*), que provoca manchas amareladas nas folhas, o que compromete o crescimento das plantas e a formação dos bulbos, e a fusariose (*Fusarium oxysporum*), que ataca as raízes e o sistema vascular, levando ao murchamento e à morte das plantas. A bacteriose causada por *Pseudomonas cepacia* é outra preocupação, pois pode afetar tanto as folhas quanto os bulbos, causando apodrecimento (RESENDE et al., 2015). Além dessas doenças, a cebola também está sujeita ao ataque de fungos, como o pó da cebola (*Alternaria porri*), que provoca manchas nas folhas, prejudicando o desenvolvimento da planta. O controle dessas doenças envolve o uso de fungicidas, rotação de culturas e o tratamento adequado das sementes e mudas (ANA, 2005).

Apesar de seu grande potencial econômico e alimentar, a cultura da cebola enfrenta vários desafios, principalmente relacionados ao clima. A cebola é sensível a variações climáticas, como geadas tardias ou períodos de seca prolongada, que podem prejudicar tanto o desenvolvimento quanto a qualidade dos bulbos. A umidade excessiva também favorece a proliferação de doenças fúngicas, como o míldio e a fusariose (BARROSO et al., 2011). Outro desafio significativo é o custo de produção, que envolve não apenas o custo com insumos como fertilizantes e defensivos agrícolas, mas também com mão de obra especializada para as operações de plantio, colheita e manejo fitossanitário. A concorrência com a cebola importada, especialmente de países com custos de produção mais baixos, como a China, também pode afetar os preços internos e a competitividade dos produtores locais (IBGE, 2024).

Além disso, o armazenamento da cebola pós-colheita representa outro desafio. Os bulbos podem ser propensos a doenças e brotação precoce, o que compromete sua qualidade e vida útil. Para minimizar essas perdas, é necessário que os produtores adotem técnicas adequadas de cura e armazenamento, com ambientes controlados que favoreçam a preservação da cebola até que ela chegue ao mercado.

Em suma, a cultura da cebola é de grande importância para a agricultura mundial, sendo um alimento básico e com propriedades nutricionais valiosas. No entanto, a produção enfrenta desafios constantes relacionados a doenças, pragas, variações climáticas, custos elevados e competição externa. Para garantir sua sustentabilidade, é fundamental o uso de práticas adequadas de manejo fitossanitário, a escolha de variedades resistentes, além de um bom controle das condições climáticas e do armazenamento. A cebola continua sendo uma hortaliça essencial tanto para a alimentação quanto para a saúde, e seu cultivo requer atenção contínua para garantir a qualidade do produto e a competitividade no mercado.

A produção de cebola enfrenta desafios fitossanitários que impactam diretamente a produtividade e a qualidade dos bulbos. A podridão branca, causada pelo fungo *Stromatinia cepivora*, é uma das principais ameaças, podendo permanecer no solo por longos períodos e dificultar o replantio em áreas infestadas. Além disso, a raiz rosada, provocada por *Setophoma terrestris*, compromete o desenvolvimento radicular, reduzindo a absorção de nutrientes e

água. Para mitigar esses problemas, é essencial adotar estratégias como a rotação de culturas, o uso de mudas saudáveis e o manejo adequado do solo.

3. Uso de antagonistas como agentes de controle biológico de doenças de plantas

3.1. *Trichoderma* spp.

O gênero *Trichoderma* compreende fungos filamentosos pertencentes à família Hypocreaceae, do filo Ascomycota, conhecidos por sua ampla distribuição nos ambientes naturais, como solos, resíduos vegetais e compostos orgânicos. Esses fungos são saprófitas, ou seja, alimentam-se de matéria orgânica em decomposição, mas algumas espécies também atuam como parasitas de outros fungos fitopatogênicos, o que os torna excelentes agentes de controle biológico. As espécies de *Trichoderma* têm sido amplamente estudadas e utilizadas devido à sua capacidade de controlar doenças causadas por outros fungos e melhorar a saúde do solo, tornando-se ferramentas importantes na agricultura sustentável (BRITO et al., 2014).

Os mecanismos de ação de *Trichoderma* são multifacetados, o que torna esse gênero extremamente eficaz no controle de uma ampla gama de patógenos. Um dos principais mecanismos é a competição por nicho ecológico, ou seja, *Trichoderma* coloniza rapidamente os substratos, competindo com os patógenos por recursos como nutrientes e espaço. Esse fator é especialmente importante em ambientes como o solo, onde a competição pode reduzir a disponibilidade de recursos para os patógenos, inibindo seu desenvolvimento (HAN et al., 2019).

Outro importante mecanismo de ação de *Trichoderma* é o parasitismo, em que o fungo ataca diretamente as hifas dos patógenos, destruindo suas estruturas e inibindo seu crescimento. Essa interação é particularmente eficaz contra fungos do solo, que são muitas vezes difíceis de controlar com métodos convencionais. Além disso, *Trichoderma* também atua como um indutor de resistência nas plantas. Quando aplicado ao solo ou às raízes das plantas, o fungo estimula a planta a aumentar a produção de enzimas e substâncias

bioativas que ajudam a defender-se de patógenos. Esse fenômeno é conhecido como indução de resistência sistêmica (ISR), e pode tornar as plantas mais resistentes a uma série de doenças, mesmo após o fungo ter sido removido ou aplicado uma única vez (Bettiol et al., 2014).

A aplicação de *Trichoderma* na agricultura tem se mostrado eficaz em diversos aspectos. Em primeiro lugar, ele é amplamente utilizado como agente de controle biológico, reduzindo a necessidade de fungicidas químicos. Patógenos como *Fusarium*, *Rhizoctonia* e *Sclerotinia*, que afetam uma grande variedade de culturas, podem ser controlados de forma eficaz com o uso de *Trichoderma*, sem os efeitos adversos dos produtos químicos, como a resistência dos patógenos a fungicidas e os danos ambientais. Além disso, *Trichoderma* tem sido empregado para melhorar o crescimento das plantas. A presença de *Trichoderma* no solo pode aumentar a disponibilidade de nutrientes essenciais, como fósforo, devido à produção de enzimas que quebram substâncias orgânicas complexas, tornando-as mais acessíveis às plantas. Esse aumento na disponibilidade de nutrientes, aliado à melhoria da estrutura do solo, resulta em raízes mais saudáveis e um melhor desenvolvimento das plantas (Mapa, 2019).

Trichoderma spp. também é utilizado no desenvolvimento de biofertilizantes e bioestimulantes, produtos que ajudam a melhorar a saúde do solo e a eficiência no uso de fertilizantes. O uso de *Trichoderma* spp. em sistemas agrícolas orgânicos tem se tornado uma alternativa viável ao uso de insumos químicos, uma vez que o fungo é natural e não tóxico, ajudando a promover a sustentabilidade da agricultura. Além disso, o controle biológico realizado por *Trichoderma* spp. podem ser combinado com outras práticas de manejo integrado de doenças, proporcionando uma abordagem mais holística e menos dependente de produtos químicos (Bettiol et al., 2014).

Apesar dos muitos benefícios, o uso de *Trichoderma* spp. também apresenta alguns desafios. A eficácia do fungo pode ser influenciada por condições ambientais, como temperatura, umidade e tipo de solo, o que pode afetar sua capacidade de colonizar os substratos e controlar os patógenos. Além disso, a produção comercial de *Trichoderma* spp. em larga escala exige condições específicas de cultivo, e a manutenção da viabilidade dos produtos durante o transporte e armazenamento é um aspecto a ser considerado. Outro desafio está na diversidade de espécies de *Trichoderma*, o que exige uma

escolha cuidadosa da espécie mais adequada para cada tipo de patógeno ou cultura. O conhecimento sobre as espécies e suas interações com os diferentes tipos de patógenos e plantas é crucial para o sucesso de sua aplicação na agricultura (Meyer et al, 2019).

Em suma, os fungos do gênero *Trichoderma* desempenham um papel importante na agricultura moderna, oferecendo soluções naturais e sustentáveis para o controle de doenças, para a melhoria da saúde do solo e para a promoção do crescimento das plantas. Seu uso como agente de controle biológico, aliado às suas propriedades de promoção do crescimento e indução de resistência, representa uma alternativa eficaz e ambientalmente amigável aos métodos tradicionais de controle de patógenos. Embora existam desafios no uso de *Trichoderma spp.*, como a necessidade de condições adequadas para sua aplicação e o manejo das variáveis ambientais, o potencial desse fungo para promover a sustentabilidade e reduzir a dependência de produtos químicos na agricultura é imenso. O avanço contínuo das pesquisas sobre suas características e aplicações certamente ampliará ainda mais sua importância no manejo agrícola, consolidando-o como uma ferramenta fundamental para uma agricultura mais verde e eficiente (Meyer et al, 2019).

3.2. *Bacillus spp.*

O gênero *Bacillus* é composto por um grupo de bactérias Gram-positivas, esporulantes, que se encontram amplamente distribuídas no solo e em ambientes aquáticos. Essas bactérias são bastante conhecidas pelas suas diversas aplicações em diferentes setores, incluindo a agricultura, onde têm se destacado como agentes de controle biológico de patógenos e promotoras de crescimento de plantas. O gênero inclui diversas espécies que produzem uma variedade de compostos bioativos, como antibióticos e enzimas, que podem ser usados de maneira vantajosa para o controle de doenças e a promoção da saúde das plantas. A principal característica das espécies de *Bacillus spp.* é a capacidade de formar esporos altamente resistentes a condições adversas, como calor, radiação UV e desidratação, o que lhes confere uma enorme capacidade de sobrevivência, permitindo que se mantenham viáveis por longos períodos e multipliquem quando as condições se tornam favoráveis (Melo, 2015).

Bacillus spp. agem de diversas formas para promover benefícios às plantas e ao solo. Uma das principais maneiras de atuação é a produção de antibióticos e metabólitos secundários, como a bacitracina, surfactinas e iturinas, que possuem atividade antimicrobiana contra fungos, bactérias e outros patógenos. Essas substâncias são fundamentais para a proteção das plantas, pois inibem o crescimento de patógenos como *Fusarium*, *Rhizoctonia* e *Pythium*, que são responsáveis por uma série de doenças no solo. Além disso, as espécies de *Bacillus* competem com esses patógenos por nutrientes e espaço, criando um ambiente desfavorável para o seu desenvolvimento. Esse mecanismo de competição por recursos no solo é um dos fatores que tornam as bactérias do gênero *Bacillus* eficientes no controle biológico de doenças (Melo, 2015).

Outra estratégia importante é a indução de resistência nas plantas. Quando aplicadas nas raízes ou no solo, as bactérias do gênero *Bacillus* estimulam as plantas a aumentar sua produção de enzimas e substâncias bioativas, como as fitoalexinas, que ajudam na defesa contra patógenos. Esse fenômeno, conhecido como indução de resistência sistêmica (ISR), aumenta a capacidade das plantas de se defenderem de patógenos, mesmo após a remoção ou a morte da bactéria. Além disso, algumas espécies de *Bacillus* também melhoram a qualidade do solo por meio da produção de enzimas que facilitam a decomposição de matéria orgânica e aumentam a disponibilidade de nutrientes essenciais, como fósforo, nitrogênio e potássio, para as plantas. Isso contribui para um ambiente mais saudável e fértil, favorecendo o crescimento das plantas (Lima et al., 2019).

O uso de *Bacillus spp.* na agricultura tem se consolidado como uma alternativa viável aos métodos convencionais de controle de doenças, como o uso de fungicidas químicos. As bactérias do gênero *Bacillus* oferecem uma série de vantagens, incluindo a redução da dependência de produtos químicos, o que contribui para práticas agrícolas mais sustentáveis e ecológicas. Elas ajudam a reduzir os impactos ambientais negativos associados ao uso excessivo de agrotóxicos, além de promoverem uma maior biodiversidade no solo, um aspecto essencial para a saúde do ecossistema agrícola. Além disso, essas bactérias são eficazes no controle biológico de patógenos, o que diminui a resistência dos microrganismos aos tratamentos químicos, um problema comum com o uso contínuo de agrotóxicos (Braga Junior et al., 2018).

Contudo, existem alguns desafios no uso de *Bacillus* spp. na agricultura. A eficácia dessas bactérias pode ser influenciada por fatores ambientais, como temperatura, umidade e pH do solo, que podem afetar sua capacidade de colonizar as raízes das plantas ou competir com outros microrganismos. Além disso, as características das culturas e a presença de outros microrganismos também podem modificar o desempenho de *Bacillus* spp. no campo. A formulação de produtos à base de *Bacillus* spp. precisa garantir que as células bacterianas permaneçam viáveis durante o transporte e armazenamento, uma vez que as células vegetativas podem ser sensíveis a condições adversas, enquanto os esporos têm maior resistência (Lima, 2010; Braga Junior et al., 2017).

Embora esses desafios existam, as vantagens de se utilizar *Bacillus* spp. são notáveis, principalmente quando se busca uma agricultura mais sustentável e ecológica. As aplicações de *Bacillus* spp. não se limitam ao controle de doenças; elas também englobam o uso como biofertilizantes e bioestimulantes, proporcionando benefícios como o aumento da disponibilidade de nutrientes e a melhoria da estrutura do solo. Esses produtos são particularmente vantajosos em sistemas de cultivo orgânico, onde a utilização de produtos sintéticos é restrita. A aplicação de *Bacillus* spp. em cultivos comerciais, como hortas, pomares e até em sistemas de cultivo protegido, tem mostrado resultados positivos, tanto na produtividade quanto na saúde das plantas (Lima, 2010; Braga Junior et al., 2017).

As bactérias do gênero *Bacillus* desempenham um papel importante na agricultura moderna, especialmente na promoção de práticas mais sustentáveis e na redução da dependência de produtos químicos. Seu potencial para o controle biológico de doenças, o aumento da disponibilidade de nutrientes e a melhoria da saúde das plantas as tornam ferramentas valiosas para uma agricultura mais eficiente e ecologicamente correta. À medida que mais estudos são realizados e novas espécies de *Bacillus* são descobertas e caracterizadas, espera-se que essas bactérias desempenhem um papel ainda mais central no manejo agrícola, contribuindo para um futuro mais verde e sustentável (Araújo et al., 2010).

4. Material e métodos

Este trabalho foi realizado com isolados de *Trichoderma* spp. x *Setophoma terrestris*; *Trichoderma* spp. x *Stromatinia cepivora*; *Bacillus* spp. x *Setophoma terrestris* e *Bacillus* spp. x *Stromatinia cepivora* no Laboratório de Microbiologia e Fitopatologia – LAMIF da Universidade Federal de Uberlândia, campus Monte Carmelo.

Para o experimento, foram utilizados sessenta e cinco isolados de *Trichoderma* spp. e cinco isolados de *Bacillus* spp., obtidos a partir da coleção fúngica do Laboratório de Micologia e Fitopatologia (LAMIF). Os isolados estavam preservados em criotubos (descrever as condições de preservação, como temperatura e meio de conservação, ex: glicerol a -80 °C).

O objetivo é avaliar o potencial antagonista dos isolados de *Trichoderma* spp. e *Bacillus* spp. contra os agentes etiológicos da “raiz rosada” (*Setophoma terrestris*) e da “podridão branca” (*Stromatinia cepivora*). Para isso, os isolados de *Trichoderma* e *Bacillus* spp. foram previamente cultivados por sete dias em placas contendo meio BDA (batata-dextrose-ágar) e incubados por 7 dias a 25 ± 2 °C.

Utilizando a técnica de cultivo pareado (dual culture), 30 isolados de *Trichoderma* foram repicados para novas placas com BDA, para serem confrontados com culturas de *S. terrestris*. Os 35 isolados restantes foram igualmente repicados para placas com BDA e cultivado em consorcio com o fitopatógeno *S. cepivora*, utilizando o mesmo método. Simultaneamente, culturas com isolados de *Bacillus* spp. foram repicadas para novas placas com BDA e cultivadas paralelamente com os patógenos *S. terrestris* e *S. cepivora*, também por meio da técnica de cultivo pareado.

Os isolados de ambos os fungos foram repicados para placas de Petri de 90 mm com meio de cultura batata-dextrose-agar (BDA) e incubados em câmara incubadora do tipo BOD à temperatura de 25°C, com fotoperíodo de 12 horas (Bomfim et al, 2010).

Para tanto foi colocado em um dos lados da placa de Petri, de 9 cm de diâmetro um disco da cultura do agente de controle biológico e de outro lado um disco de micélio contendo o patógeno nas extremidades da borda da placa para *Stromatinia cepivora* e *Setophoma terrestre*

O cultivo pareado para testar os agentes de controle biológico do gênero *Bacillus* spp., foi feito da seguinte forma: em uma extremidade da placa de Petri com o meio de cultura BDA foi realizado uma estria bacteriana (método de repicagem de bactéria) e na extremidade oposta da placa foi repicado o disco de micélio dos patógenos, separadamente.

4.1. Viabilidades dos patógenos e dos antagonistas

Foram retirados discos de micélio dos isolados de *Trichoderma* spp., *Stromatinia cepivora* e *Setophoma terrestris* das preservações e transferidos para placas de Petri de 90 mm contendo o meio BDA (batata dextrose ágar) + antibiótico, incubados em uma BOD a 25°C + 2°C, a fim de observar a viabilidade dos isolados.

Os isolados de *Bacillus* spp. foram reativados das preservações em solo, sendo salpicados pequenas porções de solo em uma placa Petri contendo BDA, com o auxílio de um palito autoclavado, incubado em BOD a 27 °C.

Aqueles que apresentaram atividades de crescimento micelial e identificados por meio da morfologia e confirmado sua identificação, foi realizado uma nova repicagem para outras placas Petri contendo BDA para o teste de cultivo pareado.

Pequenos discos de micélio, obtidos a partir dos isolados presentes nas placas de Petri, foram recortados utilizando canudos esterilizados de 6 mm de diâmetro. Em seguida, esses fragmentos foram cuidadosamente transferidos para uma das extremidades das placas de cultura, utilizando um palito de dente previamente esterilizado em autoclave.

4.2. Antagonismo de *Trichoderma* spp sobre *Setophoma terrestris* em cultivo pareado

Foram utilizados 30 isolados de *Trichoderma* spp. para controle *Setophoma terrestris*:TA1; TA2; TA3; TA4; TA5; T01; T03; T04; T05; T07; T09; T10; T23; T29; T33; T38; T39; T40; T42; T44; T46; T47; T48; T49; T51; T56; T57; T58; T59; T60.

Os discos de micélios do patógeno *Setophoma terrestris* foram repicados para as placas de Petri com BDA 7 dias antes dos isolados de *Trichoderma* spp, Foram utilizadas três repetições para cada isolado de *Trichoderma* sendo a testemunha contendo apenas o disco de micélio do patógeno.

4.3. Antagonismo de *Trichoderma* spp. sobre *Stromatinia cepivora*

Foram utilizados 35 isolados de *Trichoderma* spp. para *Stromatinia cepivora*. TA1; TA2; TA3; TA4; TA5; T01; T03; T04; T05; T06; T07; T09; T10; T23; T26; T29; T31; T33; T37; T38; T39; T40; T42; T44; T46; T47; T48; T49; T51; T56; T57; T58; T59; T60; T62.

Os discos de micélios do patógeno *Stromatinia cepivora* foram repicados para as placas 4 dias antes dos isolados de *Trichoderma* spp, Foram utilizadas três repetições para cada isolado de *Trichoderma* spp. sendo a testemunha contendo apenas o disco de micélio do patógeno.

4.4. Antagonismo de *Bacillus* spp. sobre *Setophoma terrestris*

Cinco diferentes isolados de *Bacillus* spp. foram utilizados para avaliar o efeito antagonista frente ao fitopatógeno *Setophoma terrestris*, por meio da técnica de cultivo pareado. Cada isolado bacteriano foi testado em três repetições independentes. Para o preparo das placas, estrias bacterianas de *Bacillus* spp. e discos com micélio ativo de *S. terrestres*, (com aproximadamente 6 mm de diâmetro), obtidos de culturas previamente incubadas por sete dias em BDA, foram simultaneamente inoculados em placas de Petri contendo meio BDA. O disco fúngico foi posicionado a uma extremidade da placa, enquanto a estria bacteriana foi aplicada na extremidade oposta, permitindo o crescimento em direção ao centro. Como amostra controle, placas contendo apenas discos miceliais de *S. terrestris*, sem a presença do antagonista bacteriano, foram inoculadas nas mesmas condições

4.5. Antagonismo de *Bacillus* spp. sobre *Stromatinia cepivora*

Foram utilizados cinco isolados de *Bacillus* spp. para testar o efeito antagonista sobre o patógeno *Stromatinia cepivora*. Foram 3 repetições para cada isolado de *Bacillus* spp., onde os discos de micélio do patógenos e as estrias das bactérias foram repicadas no mesmo dia nas placas de cultivo pareado e como testemunha apenas placas de Petri contendo os discos de micélio do patógeno.

4.6. Avaliações e análise estatísticas

As avaliações foram iniciadas no momento em que as placas-controle, inoculadas unicamente com o fitopatógeno, apresentaram colonização completa da superfície do meio de cultura por estruturas miceliais.

A capacidade antagônica dos isolados de *Trichoderma* spp. foi avaliada utilizando a escala de notas de Bell et al., (1982), concedendo notas que variam de 1 a 5, onde: 1 - Antagonista cresce e ocupa toda placa; 2 – Antagonista cresce sobre 2/3 da placa; 3 – Antagonista e patógeno crescem até metade da placa; 4 – Patógeno cresce sobre 2/3 da placa; 5 – Patógeno cresce por toda placa de petri. As análises estatísticas das variáveis estabelecidas nos pareamentos foram processadas pelo software R. Juntamente com estas avaliações foram realizadas o percentil de inibição através da fórmula: $\% \text{ inibição} = [(c_{\text{test}} - c_{\text{trat}}) / c_{\text{test}}] \times 100$, em que c_{test} = crescimento da testemunha (diâmetro da colônia, em cm); e c_{trat} = crescimento do tratamento (diâmetro da colônia, em cm), medido com auxílio da uma régua milimétrica, após o patógeno colonizar toda a placa (Menten et al., 1976).

5. Resultados

5.1. Antagonismo de *Trichoderma* spp. sobre *Setophoma terrestris*

Houve diferença significativa entre os isolados (Tabela 1). Pelas notas da escala de Bell, transformadas em percentual, 13 isolados receberam nota 2, ou seja, mostraram efeito antagônico sobre o fitopatógeno variando entre 48,16% à

40,27%. 14 isolados de *Trichoderma* spp. obtiveram nota 3 com inibições variando entre 39,1% a 30,34%. Três isolados obtiveram a menor percentagem de inibição variando entre 17,14 % à 10, 47%. Todos os isolados variaram estatisticamente da testemunha (Tabela 1).

Tabela 1: Efeito antagônico *in vitro* de isolados de *Trichoderma* spp. sobre o crescimento micelial (diâmetro da colônia) de *Setophoma terrestri*

Isolado	Diâmetro da colônia (mm)	% inibição	Bell
T37	38,1 J	48,16	2
TA2	38,2 J	48,02	2
T09	38,4J	48,01	2
TA5	40,2 I	45,3	2
T38	40,5 I	44,89	2
TA4	40,8 I	44,48	2
T05	41,5 H	43,53	2
TA1	41,6 H	43,4	2
T29	41,8 H	43,12	2
TA3	43,1 G	41,37	2
T04	43,1 G	41,36	2
T57	43,6 G	40,68	2
T06	43,9 G	40,27	2
T03	44,6 G	39,31	3
T10	45,1 G	38,63	3
T23	45,5 F	38,09	3
T01	46 F	37,41	3
T49	46,1 F	37,27	3
T40	46,6 F	36,59	3
T42	46,7 F	36,46	3
T33	47 F	36,05	3
T46	47,1 F	35,91	3
T62	49,7 E	32,3	3
T39	49,9 E	32,1	3
T59	50,4 E	31,42	3
T51	51 E	30,61	3
T07	51,2 E	30,34	3
T44	60,9 D	17,14	4
T47	63,6 C	13,46	4
T48	65,8 B	10,47	4
teste	73,5 A	0	5

Fonte: o autor

Dentre os 30 isolados de *Trichoderma* spp. com potencial antagonista contra *Setophoma terrestris* nota-se na figura 1 que: Três isolados T37, TA2, T09 representaram a maior inibição do crescimento do patógeno, porém todos os isolados diferiram do controle. Os isolados T48, T47 e T44 apresentaram a menor inibição do crescimento micelial do patógeno.

Crescimento micelial de *Setophoma terrestris* em cultivo pareado com isolados de *Trichoderma* spp.

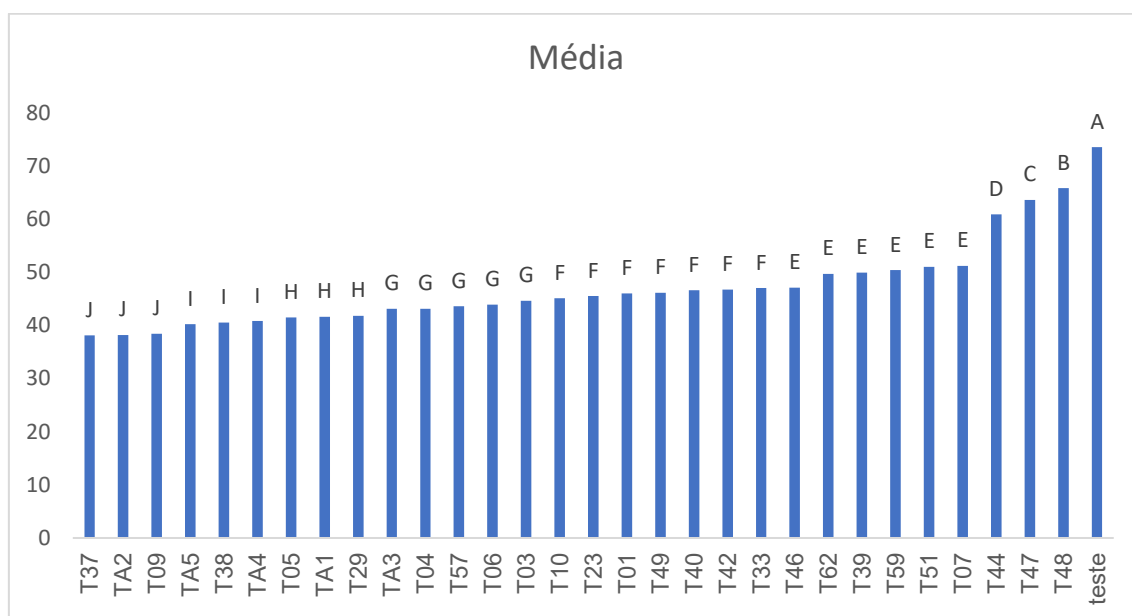


Figura 1: Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

5.2. Antagonismo de *Trichoderma* spp. sobre *Stromatinia cepivora*

Houve diferença significativa entre os isolados (Tabela 2). Pelas notas da escala de Bell, 18 isolados receberam nota 2, ou seja, mostraram efeito antagônico sobre o fitopatógeno, onde as médias foram transformadas em percentual de inibição de crescimento do patógeno variando entre 55,34% à 70,79%. 12 isolados de *Trichoderma* spp. obtiveram nota 3 com inibições variando entre 48,11% a 54,74%. Cinco isolados obtiveram a menor percentagem de inibição variando entre 27,41% à 45,84 %. Todos os isolados variaram estatisticamente da testemunha (Tabela 2).

Tabela 2: Efeito antagônico *in vitro* de isolados de *Trichoderma* spp. sobre o crescimento micelial (diâmetro da colônia) de *Stromatinia cepivora*

Isolado	Diâmetro da colônia (mm)	%inibição	Bell
T62	17,2 D	70,79	2
T03	18,56D	68,48	2
T58	18,93D	67,86	2
T09	19,76D	66,45	2
T23	20,33D	65,48	2
T57	21,96D	62,71	2
TA1	22,3D	62,25	2
T56	22,33D	62,24	2
T10	22,23D	62,08	2
T59	22,85D	61,96	2
T38	22,86D	61,96	2
T48	24,23D	58,86	2
T60	24,36D	58,64	2
TA2	24,93C	57,67	2
TA3	25,1 C	57,38	2
T44	26,01C	55,84	2
T29	26,03C	55,8	2
T40	26,3 C	55,34	2
TA5	26,67C	54,74	3
T51	26,68C	54,73	3
T06	26,73C	54,61	3
TA4	26,96C	54,22	3
T37	27,06C	54,05	3
T46	27,7C	52,97	3
T47	27,86C	52,69	3
T39	28C	52,46	3
T26	28,86C	51	3
T49	29,5C	49,91	3
T01	29,76C	49,47	3
T07	30,56C	48,11	3
T04	31,9C	45,84	4
T42	32,1C	45,5	4
T05	38,43B	34,75	4
T31	39,46B	33	4
T33	42,75B	27,41	4
teste	75,8A	0	5

Fonte: o Autor

Dentre os 35 isolados de *Trichoderma* com potencial antagonista contra *Stromatinia cepivora* nota-se na figura 2 que: 13 isolados T62, T03, T58, T09, T23, T57, TA1, T56, T 10, T59, T38, T48, T60 representaram a maior inibição do crescimento do patógeno, porém todos os isolados diferiram da testemunha. Os

isolados T33, T31 e T05 apresentaram a menor inibição do crescimento micelial do patógeno.

Crescimento micelial de *Stromatinia cepivora* em cultivo pareado com isolados de *Trichoderma* spp.

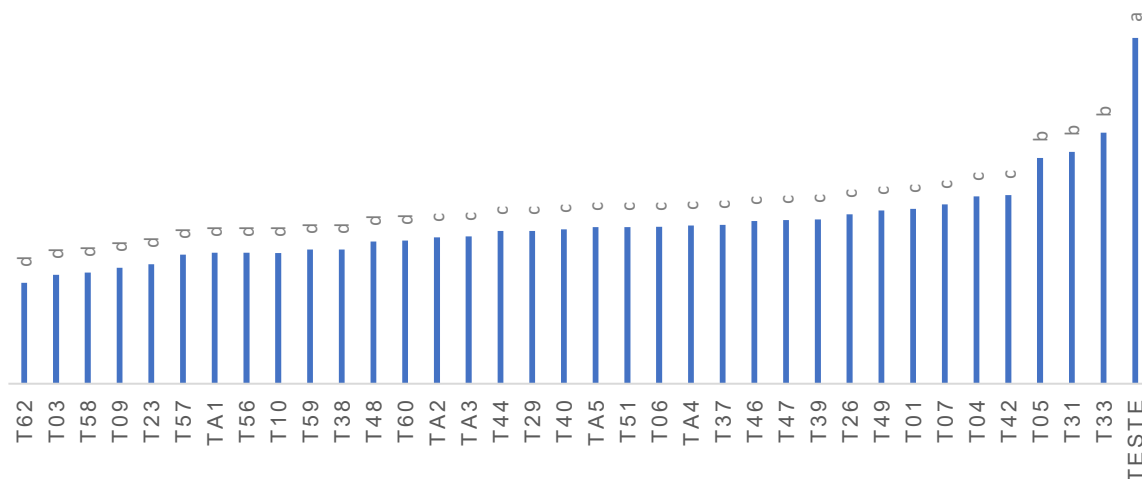


Figura 2: Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

5.3. Antagonismo de *Bacillus* spp. sobre *Setophoma terrestris*

Dentre os cinco isolados de *Bacillus* spp. utilizados no teste de cultivo pareado com *Setophoma terrestris* todos diferiram da testemunha destacando o isolado A10B5 que apresentou 65,67% de inibição do crescimento micelial do patógeno *in vitro* (Tabela 3).

Tabela 3: Efeito antagônico *in vitro* de isolados de *Bacillus* spp. sobre o crescimento micelial (diâmetro da colônia) de *Setophoma terrestris*

Isolados	Diâmetro da colônia (mm)	%inibição	Grupos	Bell
Testes	84,00	0	a	5
A11B1	58,56	30,27	b	4
A2B3	55,93	33,41	b	3
A10B1	51,26	38,96	b	3
A1B1	45,10	46,3	b	3
A10B5	28,33	65,67	c	2

Além do controle, há dois grupos distintos que diferiram na análise de variância. Os isolados A1B1, A10B1, A2B3 e A11B1 foram agrupados no grupo B, enquanto o isolado A10B5 foi classificado no grupo A, apresentando uma diferença estatisticamente significativa em relação aos demais isolados.

Crescimento micelial de *Setophoma terrestris* em cultivo pareado com isolados de *Bacillus* spp.

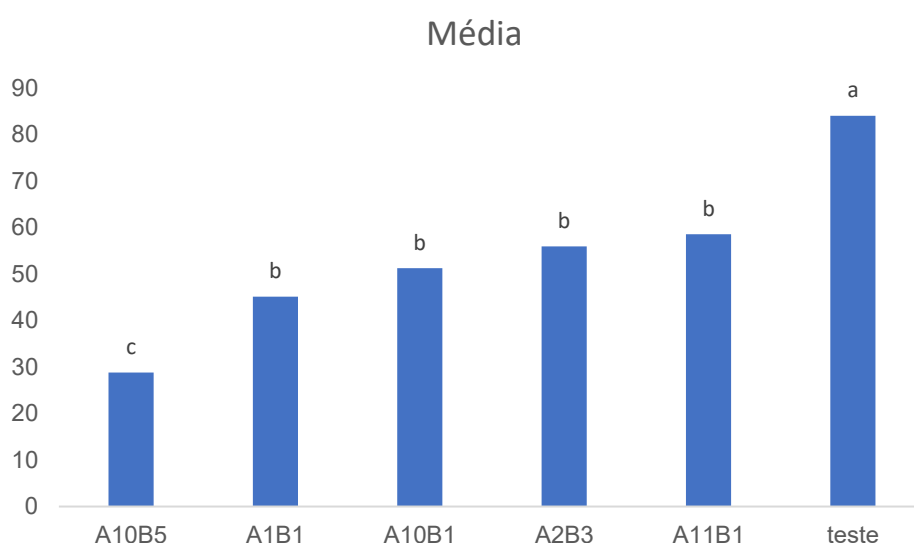


Figura 3: Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

5.4. Antagonismo de *Bacillus* spp. sobre *Stromatinia cepivora*

Dentre os cinco isolados de *Bacillus* sp. utilizados no teste de cultivo pareado com *Stromatinia cepivora* todos diferiram da testemunha destacando o isolado A10B5 que apresentou 77,33% de inibição do crescimento micelial do patógeno *in vitro* (Tabela 4).

Tabela 4: Efeito antagônico *in vitro* de isolados de *Bacillus* spp. sobre o crescimento micelial (diâmetro da colônia) de *Stromatinia cepivora*

Isolados	Diâmetro da colônia (mm)	%inibição	Grupos	Bell
A10B5	19,26	77,33	C	2
A10B1	19,4	77,14	C	2

A11B1	25,83	69,6	C	3
A2B3	26,73	68,54	C	3
A1B1	38,5	54,7	B	4
teste	85	0	A	5

O grupo A representa o controle. Na análise de variância, foram identificados dois grupos distintos. Os isolados A10B5, A10B1, A11B1 e A2B3 foram agrupados no grupo B, enquanto o isolado A1B1 também se agrupou ao grupo B, mas de forma isolada. Além disso, o isolado A10B5, classificado na categoria C, apresentou o melhor resultado em termos de inibição do crescimento do isolado.

Crescimento micelial de *Stromatinia cepivora* em cultivo pareado com isolados de *Bacillus* spp.

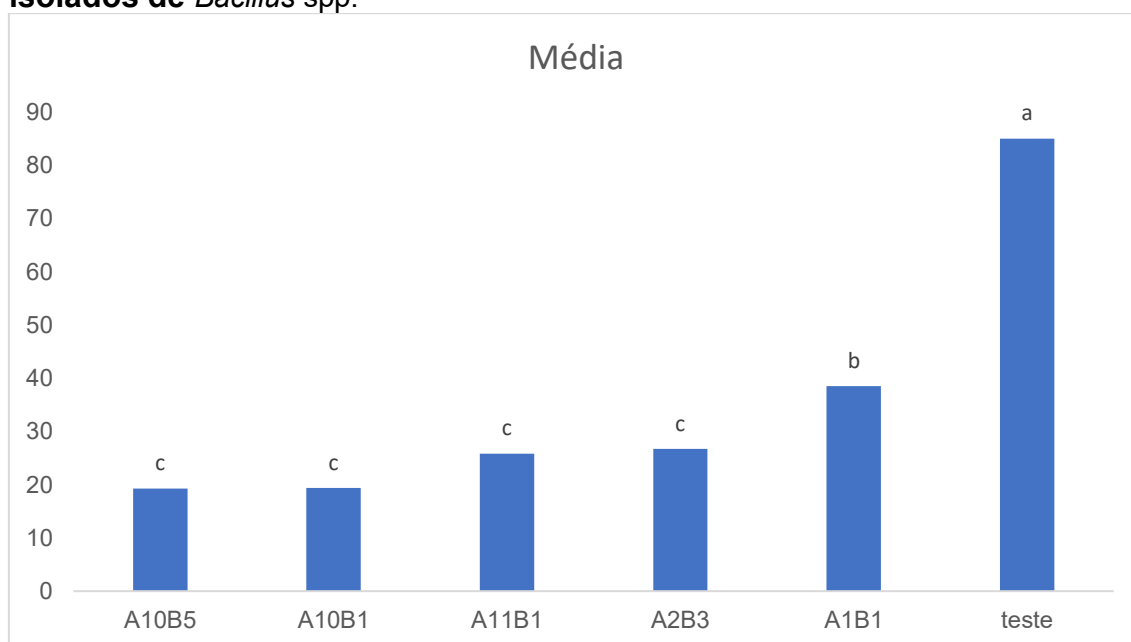


Figura 4: Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

6. Discussão

Os resultados obtidos no presente trabalho evidenciam a capacidade antagonista de diferentes isolados de *Trichoderma* spp. e *Bacillus* spp. contra os fitopatógenos *Setophoma terrestris* e *Stromatinia cepivora*, demonstrando seu

potencial como agentes de controle biológico para a raiz rosada e para a podridão branca.

Para *Trichoderma* spp. x *Setophoma terrestris* houve diferença significativa entre os isolados, sendo que 13 deles receberam nota 2 na escala de Bell, com inibição variando entre 48,16% e 40,27%. Outros 14 isolados foram classificados com nota 3, com inibições entre 39,1% e 30,34%. Três isolados apresentaram os menores índices de inibição, entre 17,14% e 10,47%. Destacam-se os isolados T37, TA2 e T09, que mostraram maior eficiência na inibição do crescimento do patógeno. Por outro lado, os isolados T48, T47 e T44 apresentaram os menores índices de inibição.

Esses achados são compatíveis com estudos anteriores, como os de Reça (2021), que indicaram um efeito antagônico significativo de *Trichoderma* spp. contra *Rhizoctonia solani*, bem como os de Pinheiro et al. (2017), que observaram inibições entre 36,8% e 42,4% para *T. asperellum*.

O efeito antagonista de *Trichoderma* spp. também foi significativo contra *S. cepivora*, com 18 isolados classificados com nota 2 na escala de Bell, apresentando inibições entre 55,34% e 70,79%. Outros 12 isolados receberam nota 3, com inibição entre 48,11% e 54,74%, enquanto cinco isolados apresentaram inibição entre 27,41% e 45,84%.

Comparativamente, os estudos de Kotasthane et al. (2015) mostraram que 20 isolados de *Trichoderma* spp. apresentaram inibição entre 75% e 100% contra *R. solani*, reforçando a versatilidade da espécie como agente de biocontrole.

Os cinco isolados de *Bacillus* spp. testados contra *Setophoma terrestris* apresentaram diferença estatística em relação à testemunha, destacando-se o isolado A10B5, que demonstrou 65,67% de inibição. Os isolados foram agrupados em dois grupos distintos, sendo A10B5 classificado no grupo A, com diferença significativa em relação aos demais.

Silva et al. (2021) observaram resultados similares ao avaliarem o efeito inibitório de bactérias contra *Fusarium decemcellulare* e *Colletotrichum gloeosporioides*, onde algumas bactérias reduziram significativamente o crescimento micelial desses patógenos.

Da mesma forma, *Bacillus* spp. mostrou-se eficaz contra *S. cepivora*, com o isolado A10B5 apresentando 77,33% de inibição do crescimento micelial. A

análise de variância permitiu agrupar os isolados em dois grupos distintos, confirmando a variabilidade na ação biocontroladora. Resultados semelhantes foram relatados por Zhang et al. (2012), onde diferentes isolados de *B. subtilis* reduziram significativamente a incidência de *Fusarium oxysporum* e *Verticillium* sp.

A forte atividade antagônica de *Trichoderma* spp. e *Bacillus* spp. observada *in vitro* evidencia seu potencial para o controle biológico de *Setophoma terrestris* e *Stromatinia cepivora*. A atuação de *Trichoderma* spp. está associada à produção de compostos antimicrobianos como trichodermina e gliotoxina, à competição por espaço e nutrientes e à produção de enzimas hidrolíticas (Melo, 1996; Monte et al., 2019).

Os resultados reforçam a necessidade de mais estudos para avaliar a eficiência desses microrganismos em condições de campo, visando à sua incorporação como estratégia viável de manejo biológico dessas importantes doenças das culturas do alho e da cebola,

7. Conclusão

Isolados de *Trichoderma* e *Bacillus* demonstraram eficácia na inibição do crescimento micelial *in vitro* dos patógenos *Setophoma terrestris* e *Stromatinia cepivora*.

No confronto entre *Trichoderma* spp. e *Setophoma terrestris*, os isolados T3, TA2 e T58 apresentaram uma taxa de inibição de 48% sobre o crescimento do micélio do patógeno. Já na interação entre *Trichoderma* spp. e *Stromatinia cepivora*, o isolado T62 foi o mais eficiente, inibindo 70% do crescimento micelial, seguido pelos isolados T03 (68%) e T58 (67%).

Por sua vez, *Bacillus* spp. também demonstrou um elevado potencial de biocontrole. O isolado A10B5 inibiu em 65% o crescimento de *Setophoma terrestris* e apresentou um desempenho ainda mais expressivo contra *Stromatinia cepivora*, com uma taxa de inibição de 77%.

Estudos adicionais são recomendados para aprofundar a compreensão dos mecanismos de ação e a eficácia desses agentes em condições de campo.

8. Referências

- ANA - Agência Nacional de Águas. Caderno de recursos hídricos: panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. Brasília: ANA, MMA: 74 p. 2005
- ANAPA - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES DE ALHO. Nosso Alho. Brasília, n. 20, agosto 2019. 52p.
- ANAPA- Associação Brasileira dos Produtores de Alho- Blog do alho. Acesso em: <https://anapa.com.br/campanha-brasil-temperado-ja-surteefeito/#:~:text=A%20cultura%20de%20alho%20%C3%A9,mais%20de%20250%20mil%20empregos.>
- ANAPA–ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES DE ALHO. NOSSO ALHO. Revista Nosso Alho. Ed. 35. Março 2023. Disponível em:< <https://anapa.com.br/wpcontent/uploads/2023/04/Interativo-Revista-Nosso-Alho-N.35-Marc%CC%A7o-2023.pdf>. ANAPA–ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES DE ALHO. NOSSO ALHO. Revista Nosso Alho. Ed. 36. Outubro 2023. Disponível em:< <https://anapa.com.br/wpcontent/uploads/2023/04/Revista-Nosso-Alho-N.36-Outubro-2023-1.pdf>.
- ANAPA–ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES DE ALHO. NOSSO ALHO. Revista Nosso Alho. Ed. 37. Janeiro 2024.
- ANAPA. Colheita da safra de alho está a todo vapor no cerrado brasileiro. 2022. Disponível em: <https://anapa.com.br/colheita-da-safra-de-alho-esta-a-todo-vapor-no-cerradobrasileiro/#:~:text=Segundo%20a%20Associa%C3%A7%C3%A3o%20Nacional%20dos,toneladas%20em%2016%20mil%20hectares..>
- ANTÔNIO, G. D.; TESSER, C. D.; MORETTI – PIRES, R. O. Contribuições das plantas medicinais para o cuidado e a promoção da saúde na atenção primária. Interface, Botucatu, v.17, n.46, p. 615-633, jul/set.2013.
- Araújo, A.S.F.D.; Carneiro, R.F.V.; Bezerra, A.A.C. & Araújo, F.F.D. (2010) - Coinoculação rizóbio e *Bacillus subtilis* em feijão-caupi e leucena: efeito sobre a nodulação, a fixação de N₂ e o crescimento das plantas. Ciência Rural, vol. 40, n. 1, p. 182-185. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000249>
- BECKER, W.F. Doenças do alho: sintomatologia e controle. Florianópolis: Epagri, 2004.
- Bettiol, W.; Pinto, Z.V.; Silva, J.C. da; Forner, C.; Faria, M.R. de; Pacifico, M.G.; Costa, L.S.A. 2019b. Produtos comerciais à base de *Trichoderma*. In: Meyer, M.C.; Mazaro, M.; Silva, J.C. (Ed). *Trichoderma: uso na agricultura*. Embrapa, Brasília, Distrito Federal, p.45-160.
- Bomfim, M.P.; São José, A.B.; Rebouças, T.N.H.; Almeida, S.S. de; Souza, I.V.B.; Dias, N.O. 2010. Avaliação antagônica in vitro e in vivo de *Trichoderma* spp. a *Rhizopus stolonifer* em maracujazeiro amarelo. Summa Phytopathologica, 36(1): 61-67
- BOTAS, J. C. Caracterização química e propriedades bioativas do *Allium Sativum* L. com diferentes proveniências e processamentos. 2017. Dissertação para obtenção de grau de mestre em Farmácia e Química de Produtos Naturais. Instituto Politécnico de Bragança e a Universidade de Salamanca, Bragança, 2017.

Braga Junior, G.M.; Chagas, L.F.B.; Amaral, L.R.O.; Miller, L.O. & Chagas Junior, A.F. (2018) - Efficiency of inoculation by *Bacillus subtilis* on soybean biomass and productivity. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, vol. 13, n. 4, art. e5571. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v13i4a5571>

Braga Junior, G.M.; Colonia, B.S.O.; Chagas, L.F.B.; Scheidt, G.N.; Miller, L.O. & Chagas Junior, A.F. (2017) – Soybean growth promotion and phosphate solubilization by *Bacillus subtilis* strains in greenhouse. *International Journal of Current Research*, vol. 9, n. 5, p. 50914-50918

BRASIL. Portaria N° 435, de 18 de maio de 2019. Dispõe sobre o Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Brasília, DF. 19 maio. 2019. Seção 1, pt. 4.

Brito, J. P. C. et al. Peptaibols from *Trichoderma asperellum* TR 356 strain isolated from Brazilian soil. *SpringerPlus*, Berlin, v. 3, n. 1, p. 600-610, 2014.

BUAINAIN, A. M.; CAVALCANTE FILHO, P. G. C.; CONSOLINE, L. O ECOSISTEMA DE INOVAÇÃO NA AGRICULTURA BRASILEIRA: ENTRE O PROTAGONISMO DE INSTITUIÇÕES PÚBLICAS E PRIVADAS. Anais do 59º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER) & 6º Encontro Brasileiro de Pesquisadores em Cooperativismo (EBPC). Brasília (DF) UnB, 2021. Disponível em: www.even3.com.br/Anais/soberebpc2021/343791-O-ECOSSISTEMA-DE-INOVAÇÃO-NA-AGRICULTURA-BRASILEIRA-ENTRE-OPROTAGONISMO-DE-INSTITUIÇÕES-PÚBLICAS-E-PRIVADAS. Acesso em: 26/04/2022.

COLEY-SMITH, J. R.; MITCHEL, Christine. M.; SANSFORD, E. C. Long-term survival of sclerotia of *Sclerotium cepivorum* and *Stromatinia gladioli*. *Plant Pathology*, v. 39, p. 58-69, 1990.

Dennis, C.; Webster, J. 1971. Antagonistic properties of species-groups of *Trichoderma*: III. Hyphal interaction. *Transactions of the British Mycological Society*, 57(1): 59-363. Disponível: [Adubação - Portal Embrapa](#)

FAQUIN, Cíntia. *Controle de Sclerotium cepivorum e Setophoma terrestris por Bacillus spp. na cultura do alho (Allium sativum L.)*. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade de Curitiba, Curitiba, 2022

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal - PAM. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA, 2024.

Pinheiro, C.C.C.; Cardoso, A.F.; Ferreira, W.X.; Silva, G.B. 2017. Potencial de antagonismo de isolados de *Trichoderma asperellum* contra *Rhizoctonia solani* in vitro. In. II Congresso Internacional das Ciências Agrárias, Cointer – PDVAgro 2017. Natal – RN, Anais eletrônicos. Disponível em: < <https://cointer-pdvagro.com.br/wp-content/uploads/2018/02/potencial-deantagonismo-de-isolados-de-trichoderma-asperellum-contra-Rhizoctonia-solani-in-vitro.pdf>>

LANDAU, Elena Charlotte; BARTOLOMEU, Renata Danielle de Souza; SILVA, Gilma Alves da. *Evolução da Produção de Alho (Allium sativum, Amaryllidaceae)*. 2020

Lima, F.F. (2010) - *Bacillus subtilis* e níveis de nitrogênio sobre o desenvolvimento e a produtividade do milho. Dissertação de Mestrado. Teresina, Universidade Federal do Piauí. 52 p.

Lima, F.F. (2010) - *Bacillus subtilis* e níveis de nitrogênio sobre o desenvolvimento e a produtividade do milho. Dissertação de Mestrado. Teresina, Universidade Federal do Piauí. 52 p.

Lima, U.A.; Aquarone, E.; Borzani, W. & Schmidell, W. (2019) - *Biotecnologia Industrial – processos fermentativos e enzimáticos*, vol. 3. Editora Blucher, 616 p.

LIMA, S. M. R. R. *Fitomedicamentos na prática médica*. 2ed. Rio de Janeiro: Editora Atheneu, 2019.

Lima, U.A.; Aquarone, E.; Borzani, W. & Schmidell, W. (2019) - *Biotecnologia Industrial – processos fermentativos e enzimáticos*, vol. 3. Editora Blucher, 616 p.

MARCUZZO, L.L; SILVA, G.E. Sobrevivência de esporos da ferrugem na ausência de alho. *Campo & Negócios hortifruti*, Uberlândia, v.187, p.28-29, 2021.

MAZZUCO, Vinicius Rodrigo. Avaliação de *Pseudomonas* sp. e *Bacillus* sp. na promoção de crescimento e solubilização de superfosfato triplo no alho. 2020. 44f. Trabalho de Conclusão de curso (graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, SC, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/222404/TCC_Vinicius%20Rodrigo%20Mazzuco.pdf?sequence=1&isAllowed=y 2020.

Melo, I. S. de (2015) - Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas: descrição e potencial de uso na agricultura. In: Melo, I.S. de & Azevedo, J.L. de (Eds.) - *Ecologia microbiana*. Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, p. 87-116.

MELO, Itamar Soares de. Embrapa Meio Ambiente. Rizobactérias. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agricultura-e-meioambiente/manejo/controlealternativo/rizobacterias#:~:text=Dentre%20os%20mecanismos%20de%20a%C3%A7%C3%A3o,supress%C3%A3o%20de%20pat%C3%B3genos%20da%20rizosfera..>

Monte, E.; Bettiol, W.; Hermosa, R. 2019. *Trichoderma* e seus mecanismos de ação para o controle de doenças de plantas. In: Meyer, M.C.; Mazaro, M.; Silva, J.C. (Ed). *Trichoderma: uso na agricultura*. Embrapa, Brasília, Distrito Federal, p.181-200.

REÇA, Bruna Nayara Pantoja Vieira. *Trichoderma spp. no controle de doenças causadas por Rhizoctonia solani Kühn*. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, 2021.

REIS, Ailton et al. Identificação e Manejo da Raiz Rosada da Cebola. Brasília: Embrapa, 2016. 6 p. (Comunicado Técnico 114).

REIS, Ailton. *Pesquisador A - Fitopatologia*. Embrapa Hortaliças. *NossoAlho*, julho 2011.

REIS, Ailton. Podridão Branca do Alho e da Cebola. *Nosso Alho*. n.11, julho de 2011. Disponível em: http://anapa.com.br/wp-content/uploads/2017/01/Nosso_Alho_N11.pdf.

REIS, Ailton; OLIVEIRA, Valter Rodrigues. Identificação e manejo da podridão-branca do alho e da cebola. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2011, 6p. (Comunicado Técnico 91).

REIS, Ailton. Embrapa Hortaliças. Raiz rosada. 2016. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1057702/1/digitalizar0122.pdf>. Acesso em: 15 set. 2022.

RESENDE et al. Adubação: sistema de produção de alho. Portal Embrapa. 2015.

RESENDE, F. V. Desafios da produção e inovações tecnológicas para cultura do alho no Brasil. Hortaliças em Revista, ano 7, n. 25, p. 16-17, maio/ago. 2018. Disponível em https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1100347/1/revistahortali_cased25p1617.pdf

SILVA, A.L.A.; GASPAROTTO, L.; SILVA, G.F. Seleção de Fungos Endofíticos Isolados do Guaranazeiro com Potencial para o Controle Biológico de *Fusarium decemcellulare*. Anais da XII Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, 2016.

SILVA, Joviany Talita. *Azospirillum brasiliense* e *Bacillus subtilis* solubilizadores de fósforo em mudas de eucalipto. 2017. 55f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agropecuária) Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2017. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/152278/silva_jt_me_jabo.pdf.pdf?sequenc e=3.

SILVA, M.C.S. Bioprospecção e caracterização de microrganismos endofíticos de isolados de sementes de guaranazeiro e o controle da antracnose (*Colletotrichum* spp.). Tese para obter o grau de Mestre em Ciências. Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo. Piracicaba. pp. 76, 2015.

SOUZA, R.D.; MENDOÇA, E.A.F.; SOARES M.A. Atividade antagônica a microrganismos patogênicos por bactérias endofíticas isoladas de *Echinodorus scaber* Rataj. Summa Phytopathologica, 41 (3) 229-232, 2015. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/2010>.

ZHANG, Y.; FAN, T.; JIA, W.; ZHANG, W.; LIU, Q.; LI, B.; ZHANG, L. Identification and characterization of a *Bacillus subtilis* strain TS06 as bio-control agent of strawberry replant disease (*Fusarium* and *Verticillium* wilts). African Journal of Biotechnology 11: pp. 570-580, 2012. <https://doi.org/10.5897/AJB11.1131>