



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**Prospecção de microrganismos para o controle de *Sclerotinia sclerotiorum* e
promoção de crescimento em plantas**

Marcílio Henrique Brandão

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA DF

JUNHO DE 2025

001/2025

M. H. BRANDÃO- MESTRE-2025



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**Prospecção de microrganismos para o controle de *Sclerotinia sclerotiorum* e
promoção de crescimento em plantas**

MARCÍLIO HENRIQUE BRANDÃO

ORIENTADOR: LUIZ EDUARDO BASSAY BLUM

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

**BRASÍLIA/DF
JUNHO DE 2025**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**Prospecção de microrganismos para o controle de *Sclerotinia sclerotiorum* e
promoção de crescimento em plantas**

MARCÍLIO HENRIQUE BRANDÃO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS Á OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM AGRONOMIA.

APROVADA POR:

**LUIZ EDUARDO BASSAY BLUM, (ORIENTADOR), DOUTOR
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, luizblum@unb.br**

**MICHELLE SOUZA VILELA, (EXAMINADOR INTERNO), DOUTOR
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, micellevilela@unb.br**

**DR. JONATAS BARROS DOS SANTOS, (EXAMINADOR EXTERNO), DOUTOR
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, jonatas.santos@unb.br**

BRASÍLIA/DF, 25 de JUNHO de 2025.

Brandão, Marcílio Henrique.

Prospecção de microrganismos para o controle de *Sclerotinia sclerotiorum* e promoção de crescimento em plantas. / Marcílio Henrique Brandão; orientação de Luiz Eduardo Bassay Blum.- Brasília, 2025.

86p. : il.

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2025.

1. Biocontrole. 2. Bactérias. 3. *Bacillus*. 4. *Paenibacillus*

I. Blum, L. E. B. II. Prospecção de microrganismos para o controle de *Sclerotinia sclerotiorum* e promoção de crescimento em plantas.

CDD

Agris/FAO

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BRANDAO, M. H. Prospecção de microrganismos para o controle de *Sclerotinia sclerotiorum* e promoção de crescimento em plantas. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2025, 86p. Dissertação do Mestrado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: MARCÍLIO HENRIQUE BRANDÃO.

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Prospecção de microrganismos para o controle de *Sclerotinia sclerotiorum* e promoção de crescimento em plantas.

GRAU: MESTRE. ANO: 2025.

É concedida à Universidade de Brasília de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que contribuíram para que eu possa ter concluído este trabalho com excelência.

Primeiramente meus agradecimentos á Deus pelo dom da vida, entre outros, como a capacidade de elaborar uma pesquisa complexa como esta. Agradeço também por todas as provisões que Ele me fornece.

Agradeço a minha esposa Lorena da Silva Ribeiro, que sempre me apoiou e ajudou em todas as situações, sejam elas difíceis ou não. Sempre me incentivando e mostrando que sou capaz. Esteve comigo na defesa do meu TCC, para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo e está comigo na defesa da minha dissertação.

Aos meus familiares e parentes, em especial minha mãe Maria Texeira Araújo e meu pai José Henrique Brandão (*In memoriam*) pela educação que recebi, por me ensinar a trabalhar duro e sempre correr atrás dos meus objetivos. A todos meus irmãos, José, Marcia, Maria, Aparecida, Mauricio, Maury, Mércia, Mauzy, Maurilio, Simplício e Mateus que sempre me apoiaram e acreditaram em mim. Aos meus sobrinhos e cunhados.

Meu agradecimento especial ao meu orientador Professor Luiz Eduardo Bassay Blum, pelas orientações e ajuda ao longo destes 2 anos. Sem sua ajuda eu não conseguiria concluir minha Pós-Graduação.

Meus agradecimentos a todos os professores da FAV e Fitopatologia. A equipe do Instituto de Ciências Biológicas e departamento de Fitopatologia, em especial os professores Danilo Pinho e Mauricio Rossato.

A toda equipe VivaBio pelo apoio na pesquisa, em especial meus gestores Leonardo Sodré e Lorena Sousa, por ter permitido a execução da pesquisa nas dependências da empresa, e a Mariana Jubrail que ajudou diretamente no trabalho. Agradeço aos colegas Anna Flávia, Anna Julia, Kailany, Lorrana, Moisés e Milena.

A toda equipe LAMAM, em especial meus amigos Cicero Fuga e Juliana Ferreira, pela contribuição de materiais intelectuais e biológicos.

A equipe GENEb e ao meu amigo e professor Walter da Cunha e Maria Eduarda por ceder espaço, equipamento para as análises e com a maioria das cepas usadas na pesquisa.

E a minha amiga Beatriz Carvalho, pelo apoio e ajuda.

RESUMO

Existem fatores que limitam a produção agrícola, sendo eles abióticos e bióticos. Dentre os bióticos, há os agentes causadores de doenças em plantas, fitopatógenos, como exemplo *Sclerotinia sclerotiorum*. Um fungo polífago, causador de danos em cultivos de importância agrícolas. É essencial desenvolver tecnologias que aumentem a produtividade e que sejam sustentáveis. Uma alternativa viável é o uso de microrganismos benéficos, como os promotores de crescimento em planta e os antagonistas de fitopatógenos. Portanto o objetivo da pesquisa é prospectar microrganismos para produção de bioinsumos a base de bactérias para o controle de *S. sclerotiorum* e promoção de crescimento vegetal em feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*). O estudo foi desenvolvido em duas instituições, no UNIPAM e VIVABIO. Foram testadas 63 cepas pertencentes aos gêneros *Bacillus* e *Paenibacillus*, de três instituições diferentes. Os experimentos *in vitro* constituíram por seleção de bactérias antagonista ao patógeno pelo teste de dupla cultura, potencial de multiplicação das bactérias e produção de endósporos, produção de metabólitos termoestáveis, compostos voláteis, inibição da germinação do escleródio e classificação filogenética. Após os resultados preliminares, foram selecionadas seis cepas promissoras, sendo elas GN01, GN120, 17AN673, GA155, GA157 e GA163. Foi realizado o teste de dupla cultura com outros três fitopatógenos, *Macrophomina phaseolina*, *Fusarium oxysporum* e *Rhizoctonia solani*. Foram realizados testes *in vivo* com as seis cepas, que constituíram de biocontrole no tratamento de semente com solo infestado e em folha destacada de feijoeiro. Foi avaliado a influência das bactérias na emergência e promoção de crescimento do feijoeiro no estágio inicial. Um total de 20 cepas foram capazes de inibir o patógeno. As cepas GN01, GN120, 17AN673, GA155, GA157 e GA163 produzem metabólitos termoestáveis que inibem o crescimento da *Sclerotinia sclerotiorum*, mas não produzem compostos voláteis inibitórios e não inviabilizam os escleródios. As cepas GN01, GN120, 17AN673, GA155, GA157 e GA163 podem inibir o crescimento de *M. phaseolina*, *F. oxysporum* e *R. solani*. As GN01, GN120, 17AN673, GA157 e GA163 são eficientes no controle da doença em folha destacada. GN01 diminuiu a incidência da doença e aumentou o número de plântulas emergidas. A GA155 aumentou a massa do sistema radicular em plantas de feijoeiro.

Palavras chaves: biocontrole, bactérias, *Bacillus*, and *Paenibacillus*.

ABSTRACT

There are factors that limit the agricultural productions, they being abiotic and biotic. Among the biotic, it is the disease-causing agents in plant, phytopathogens, such as *Sclerotinia sclerotiorum*. A polyphagous fungus, which causes damage to crops of agricultural importance. It is essential to develop technologies that increase productivity and are sustainable. A viable alternative is the use of beneficial microorganisms, such as plant growth promoters and phytopathogen antagonists. Therefore, the objective of the research is to prospect microorganisms for the production of bacteria-based bioinputs for the control of *S. sclerotiorum* and promotion of plant growth in common bean (*Phaseolus vulgaris*). The study was developed in two institutions, UNIPAM and VIVABIO. 63 strains belonging to the genera *Bacillus* and *Paenibacillus* were tested, from three different institutions. The in vitro experiments consisted of selection of pathogen-antagonist bacteria by the double culture test, potential for multiplication of bacteria and production of endospores, production of thermostable metabolites, volatile compounds, inhibition of sclerotium germination and phylogenetic classification. After the preliminary results, six promising strains were selected, namely GN01, GN120, 17AN673, GA155, GA157 and GA163. Was carried out the double culture test with others phytopathogens, *Macrophomina phaseolina*, *Fusarium oxysporum* and *Rhizoctonia solani*. In vivo tests were carried out with the six strains, which constituted biocontrol in the treatment of seed with infested soil and detached leaf in common bean. The influence of bacteria on the emergence and growth promotion of common bean was also tested. A total of 20 strains were able to inhibit the pathogen. The strains GN01, GN120, 17AN673, GA155, GA157 and GA163, have an action on the germination of sclerotia, produce thermostable metabolites that inhibit the growth of the *Sclerotinia sclerotiorum*, but do not produce volatile compounds. The strains GN01, GN120, 17AN673, GA155, GA157 and GA163 can inhibit the growth of *M. phaseolina*, *F. oxysporum* and *R. solani*. GN01, GN120, 17AN673, GA157 and GA163 are efficient in the control of the disease in detached leaf. GN01 decreased the incidence of the disease and increased the number of seedlings emerged. GA155 increased the mass of the root system in common bean plants.

Keywords: biocontrol, bacteria, *Bacillus*, and *Paenibacillus*.

SUMÁRIO

1-INTRODUÇÃO	11
1.1. JUSTIFICATIVA	12
1.2. OBJETIVOS	12
2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	13
2.1.1 Histórico de mofo branco no Brasil.....	13
2.1.2 Biologia.....	14
2.1.3. Controle.....	16
2.1.4 Controle biológico	17
2.1.5. Biocontrole de <i>S. sclerotiorum</i> com <i>Bacillus</i> sp.....	19
2.2 GÊNERO <i>Bacillus</i>	20
2.2.1 Funções dos <i>Bacillus</i>	22
2.2.2 <i>Bacillus</i> na agropecuária	23
2.2.3 <i>Bacillus</i> Rizobactérias promotoras de crescimento.....	24
2.2.4 <i>Bacillus</i> manejo de fitopatógenos.....	26
3-MATERIAL E MÉTODO.....	28
3.1 OBTENÇÃO DOS ISOLADOS	28
3.2 ENSAIOS <i>IN VITRO</i>	30
3.2.1 Seleção de bactérias pelo teste de Dupla Cultura.....	30
3.2.2 Fermentação e crescimento em meio líquido.....	30
3.2.3 Teste de Metabolitos Termoeestáveis.....	31
3.2.4 Teste de Metabolitos Voláteis.....	31
3.2.6 Inibição da germinação e inviabilidade do escleródio	32
3.2.7 Identificação taxonômica.....	33
3.2.8 Biocontrole <i>in vitro</i> de outros fitopatogênicos de solo	33
3.2.9 Análise estatística.....	34
3.3 BIOCONTROLE DE <i>S. Sclerotiorum</i> <i>IN VIVO</i>	34
3.3.1 Biocontrole de mofo branco em <i>Phaseolus vulgaris</i> L em solo infestado.	34
3.3.2 Biocontrole de <i>S. sclerotiorum</i> em folha destacada.	35
3.4 BACTÉRIAS NA PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO VEGETAL.	36
3.4.1 Bactérias na emergência de plântulas de feijoeiro comum.	36
3.4.2 Promoção de crescimento em feijoeiro em vaso.	37

4. RESULTADOS.....	39
4.1. SELEÇÃO DE BACTÉRIAS PELO TESTE DE DUPLA CULTURA	39
4.2 FERMENTAÇÃO E CRESCIMENTO EM MEIO LÍQUIDO	41
4.3 TESTE DE METABOLITOS TERMOESTÁVEIS.....	41
4.4 TESTE DE METABOLITOS VOLÁTEIS	42
4.5 INIBIÇÃO DA GERMINAÇÃO DO ESCLERÓDIO	42
4.6 IDENTIFICAÇÃO TAXONÔMICA	43
4.7 BIOCONTROLE <i>IN VITRO</i> DE OUTROS FITOPATOGÊNICOS DE SOLO	45
4.8 BIOCONTROLE DE MOFO BRANCO EM <i>Phaseolus vulgaris</i> L EM SOLO INFESTADO.....	46
4.9 BIOCONTROLE DE <i>S. sclerotiorum</i> EM FOLHA DESTACADA.....	49
4.10 <i>Bacillus</i> NA EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE FEIJOEIRO COMUM.	50
4.11 PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO EM FEIJOEIRO EM CASA DE VEGETAÇÃO.	51
5. DISCUSSÃO	53
6. CONCLUSÃO.....	56
REFÊNCIAS.....	57

1-INTRODUÇÃO

Segundo a ONU (2022) estima-se que a população mundial atingirá nove bilhões de habitantes ao final da década de 30, com isso haverá aumento na demanda para suprir as necessidades básicas, como a produção de alimento. Além do aumento na quantidade de alimentos, os consumidores exigem alimentos mais saudáveis (SAUSEN et al., 2021). Diante disso o desenvolvimento agrícola é um dos métodos para sanar a pobreza e aumentar a prosperidade de alimentos para futuras populações (VAZ JUNIOR, 2020). Porém, é preciso aumentar a produtividade com menor risco ao meio ambiente (CARBONE e GARCIA, 2021).

Aumentar a produtividade de forma sustentável se torna um desafio, pois há fatores que afetam a produtividade de forma negativa, sendo eles bióticos e abióticos (ARAÚJO et al. 2019; De Almeida et al., 2019; Da Silva, 2022). Dentre os fatores bióticos, as doenças de plantas são limitantes para produção agrícola em diferentes culturas, que podem ser causadas por fungos, bactérias, vírus, nematóides e protozoários (MICHEREFF, 2001). Os fungos são responsáveis por causarem a maioria das doenças.

Dentre esses fungos podemos citar *Sclerotinia sclerotiorum*, um patógeno que infecta mais de 500 espécies de plantas entre 75 famílias. Possui importância agrícola por causar doença em culturas de valor comercial, como soja, feijão, algodão e em algumas hortaliças como as cucurbitáceas, brássicas e solanáceas (BOLAND e HALL, 1994; SAHARAN e MEHTA, 2008), que também implica em um difícil manejo. Outro fato que limita a eficiência do controle é possuir em seu ciclo de vida uma fase de resistência, no qual ele produz uma estrutura denominada escleródio que permanece no solo por vários anos (JULIATTI et al., 2015).

Neste caso o controle químico é a prática mais utilizada para manejo de doenças. Embora haja vantagens, a utilização em excesso de agroquímicos podem ocasionar malefícios como, efeito nocivo à saúde humana (GARCIA e DE LARA, 2020) e impactos ambientais (PEREIRA et al., 2019). Além disso há caso de perda de eficiências de algumas moléculas, em função da seleção de indivíduos resistentes (CORKLEY et al., 2022). Com a perda da eficiência de moléculas há necessidade de lançar novas no mercado, entretanto pesquisas para o desenvolvimento de defensivos químicos podem ter alto custo e longos períodos de tempo.

Uma das alternativas para minimizar os efeitos nocivos das doenças é o controle biológico. O qual está vinculado à sustentabilidade, que é definido como “fenômeno natural que consiste na regulação de plantas e animais por agentes de mortalidade biótica” (PARRA, 2019). A utilização de microrganismo como agente de controle biológico na agricultura mostra

um cenário promissor, pois os resultados são positivos. Há microrganismos eficientes no manejo de diferentes fitopatógenos, como bactérias do gênero *Bacillus* (DE MELO e SERRA, 2021) e *Paenibacillus* (DOBRZYŃSKI e NAZIEBLO, 2024).

Estes dois gêneros, *Bacillus* e *Paenibacillus*, são potenciais agentes de biocontrole de *S. sclerotiorum*. Dos *Bacillus* podemos citar espécies como *B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens*, *B. venezensis* entre outras (AYAZ et al., 2024, FARZAND et al., 2019, CHENG et al., 2024, RIBEIRO et al. 2021 e KOÇAK e BOYRAZ, 2024). Apesar de serem menos relatados que os *Bacillus*, os *Paenibacillus* possuem relatos no controle de *S. sclerotiorum* (FATOUROS et al., 2018).

Além do controle de fitopatógenos, estes dois gêneros possuem outras características desejáveis para agricultura. Pois promovem crescimento vegetal, melhoram a nutrição das plantas e aumento da tolerância das plantas a estresses bióticos e abióticos (MONTALVÃO et al., 2022, HUSSAIN et al., 2020, PAUL et al., 2022, FIGUEREDO et al., 2023), demonstrando promissoras na composição de bioprodutos. A incorporação de produtos bioestimulantes, como formulações microbiana, em sistema de produção tem demonstrado cada vez mais ser uma estratégia para uma agricultura sustentável e a segurança alimentar (TSOTETSI et al., 2022).

1.1. Justificativa

O mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) é uma das principais doenças de plantas no país, e possui um difícil controle, diante disso faz-se necessária a busca por novas tecnologias e táticas para o manejo da mesma. Alternativas estas que devem ser sustentáveis, eficientes, viáveis e aceitas pela comunidade agrícola.

1.2. Objetivos

Portanto, o objetivo da pesquisa é prospectar isolados bacterianos como potenciais no controle de *Sclerotinia sclerotiorum in vitro*. Verificar a multiplicação e produção de endósporos para formular um produto. Avaliar o efeito dos isolados promissores em outros fitopatógenos de solo. Testar a eficiência dos fermentados no biocontrole da doença em plantas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). Avaliar o potencial de promoção de crescimento em feijoeiro.

2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Sclerotinia sclerotiorum*

2.1.1 Histórico de mofo branco no Brasil.

A *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) Barry é uma espécie de fungo que foi reportado a primeira vez em 1837 e classificado no gênero *Peziza*, Bélgica (INDEX FUNGORUM, 2024, BOLTON et al., 2006). Conhecido como mofo-branco, atualmente esse patógeno está presente em vários países de todos os continentes (PURDY, 1979; ROTHMANN & McLAREN, 2018; KOHLI et al., 1992).

No Brasil esse patógeno foi relatado a primeira vez no estado de São Paulo na cultura de batata (*Solanum tuberosum* L.) no ano de 1921 (JULIATTI et al., 2015 *apud* CHAVEZ, 1964). Posteriormente, nas décadas de 40 e 50, foi relatado nas regiões Sul e Sudeste do país como doença secundária em feijão (*Phaseolus vulgaris*) e hortaliças (LOBO JUNIOR, 2011). Já no ano de 1961 foi relatado o fungo atacando outra leguminosa, ervilha (*Pisum sativum* L.), no estado de São Paulo (CAFÉ FILHO, 1985). Ferreira et al. (1979) descreveu que no ano de 1975 a doença já era um problema nas lavouras de soja no Paraná, causando um dano de até 70% de plantas infectadas.

Na década de 80 a doença já era uma realidade nociva presente no cerrado, em lavouras de ervilha no Distrito Federal (SANTOS et al., 1991), em Minas Gerais (NASSER et al., 1984). Ao fim da década de 80 o patógeno foi relatado na região nordeste, presente em raízes de cenoura (*Daucus carota*) na Bahia (OLIVEIRA et al., 1989) e amendoim (*Arachis hypogaea*) em Pernambuco (COSTA et al., 1989). No ano de 1996 foi observado o primeiro relato de mofo-branco na cultura do algodão (*Gossypium hirsutum*) em sistema irrigado no município de Paracatu na região do noroeste Mineiro (CHARCHAR et al., 1999).

Atualmente a doença está presente em praticamente todas as regiões cultiváveis do território nacional, abrangendo os estados Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Bahia e Maranhão (MEYER et al., 2019; WEBER et al., 2011; GOMES et al., 2005). Segundo Meyer et al. (2019) a estimativa que cerca 10 milhões de hectares de soja esteja infestada com o patógeno, cerca de 28% da área de cultivo e que o dano causado pode comprometer de 20 a 30% da produção e em casos mais severos da doença até 70%.

O feijão é umas das principais culturas do Brasil, e grandes produtores utilizam de sistema de irrigação para a produção, isso garante as condições favoráveis a doença (ROCHA

et al., 2018). Segundo Vieira et al (2001) por ser plantado no inverno e necessitar de irrigação, o feijão no estado de Minas Gerais favorece o desenvolvimento da doença.

2.1.2 Biologia

A *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) Barry é uma espécie de fungo verdadeiro (Reino Fungi) do Filo Ascomycota, Classe Leotiomycetes, ordem Helotiales, Família Sclerotinaceae, Gênero *Sclerotinia*. (INDEX FUNGORUM, 2024, Bolton et al., 2006). É um fitopatógeno necrotrófico e profilático, de alcance mundial, que ataca mais de 500 espécies de plantas dentre 75 famílias, dentre elas várias culturas de interesse econômico (BOLAND e HALL, 1994; SAHARAN e MEHTA, 2008). Apesar de sua ampla gama de hospedeiros, não há relato do fungo parasitando plantas da família Poaceae (JULIATTI et al., 2015).

Uma característica marcante desse fungo é a produção de escleródios, que são estruturas de sobrevivência do patógeno no solo, podendo permanecer viável por mais de 5 anos (STEADMAN, 1983). Os escleródios iniciais são formados a partir do surgimento de numerosos ramos laterais originados de uma ou mais hifas principais. Essas hifas ficam dispostas paralelamente e são mais espessas que uma de micélio vegetativo comum, são preenchidas e transformadas por numerosos septos em uma cadeia de células curtas, ocorre a compactação desse agregado de hifas, por fim acontece a limitação e maturação do agregado de hifas, deposição de melanina na superfície e a formação da camada protetora sobre a massa interna (TOWNSEND e WILLETTS, 1954). Esse processo pode ocorrer sob superfície do tecido hospedeiro e retornam para o solo (GARCIA et al., 2012).

Em condições favoráveis esse escleródio pode germinar formando micélio em presença de um hospedeiro susceptível, onde infecta o tecido e coloniza, ou germinar produzindo o apotécio (LEITE, 2005). Através da germinação carpogênica do escleródio há a formação dos apotécios, as condições que favorecem esta germinação são, o escleródio deve estar enterrado no solo, com temperaturas entre 11 e 20 °C, com solos úmidos mais de sete dias (STEADMAN, 1983, BIANCHINI et al., 1997). O apotécio é o corpo de frutificação, de dimensões entre 2-10 mm com formato chato e côncavo. As ascas são cilíndricas com até 7 µm de diâmetro e 156 µm de comprimento. Os ascósporos, esporos produzidos nas ascas, são hialinos de formato elipsoides, medindo entre 4-6 x 9-14 µm (KIMATI et al., 1997). Um apotécio pode produzir até $7,27 \times 10^6$ ascósporos (SCHWARTZ e STEADMAN, 1978).

Sua disseminação pode ocorrer por meio de escleródios presentes em lotes de sementes, e por sementes infectadas com inóculo (JULIATTI et al., 2015), ascósporos dispersados pelo vento (ADAMS e AYERS, 1979). A infecção no tecido do hospedeiro pode ocorrer por

ascósporos, geralmente, na junção do ramo e o pecíolo, que ocorre na fase susceptível da planta, em pleno florescimento (BIANCHINI et al., 1997, JULIATTI et al., 2015). Pode ocorrer por meio da germinação micelial, onde o micélio penetra o tecido do hospedeiro (LEITE, 2005). E por meio de micélio presentes em sementes contaminadas, onde ele se desenvolve no tecido vegetal causando a doença (JULIATTI et al., 2015). A doença pode ocorrer entre 5-30 °C, sendo que a incidência da doença é favorecida por alta umidade e temperaturas entre 18 e 22 °C, a umidade é o fator mais limitante (BIANCHINI et al., 1997, HARIKRISHNAN e DEL RÍO, 2006). O ciclo de vida do patógeno está representado na figura 1.

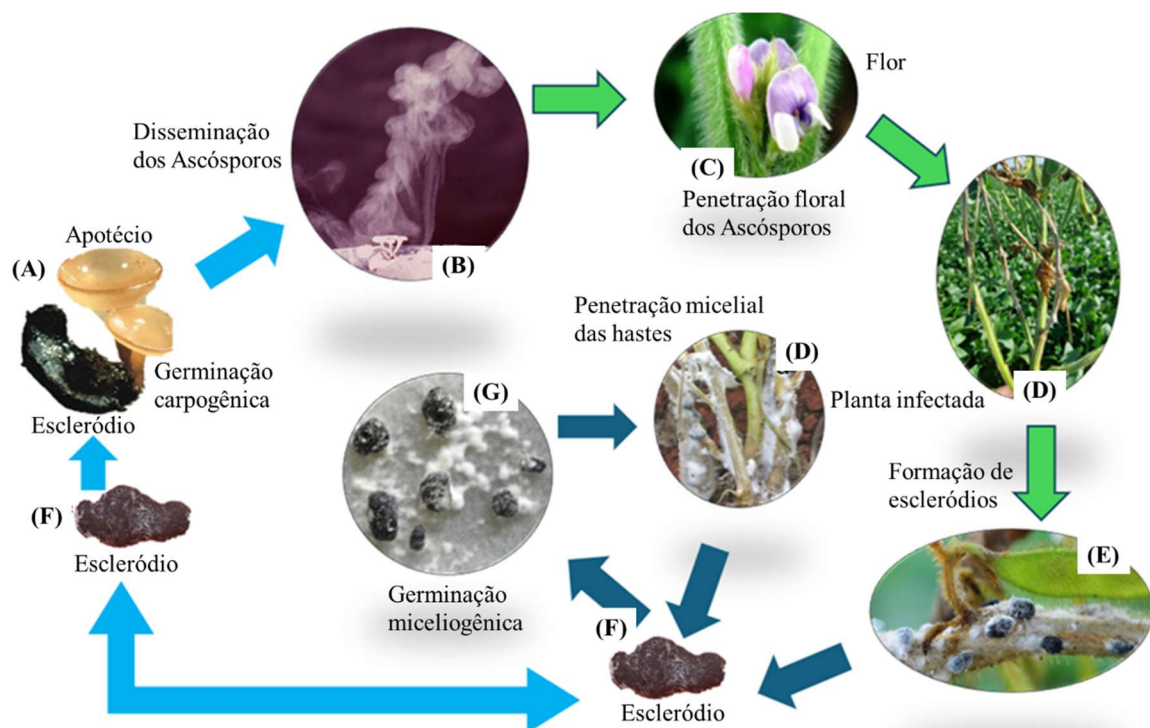


Figura 1. Ciclo de vida da *Sclerotinia sclerotiorum* em relação ao hospedeiro. a) Germinação carpogênica; b) Disseminação de Ascósporo; c) Flor; d) Planta infectada; e) Formação de escleródio; f) Escleródio; g) Germinação miceliogênica.

Os sintomas do mofo branco podem ser vistos na parte aérea, começando com lesões pequenas e aquosas evoluindo de tamanho afetando todo tecido colonizado. Os órgãos afetados começam a perder cor, havendo o amarelecimento e evoluindo para marrom, com apodrecimento do tecido levando a morte. Em condições de alta umidade pode ser observado o aparecimento do micélio branco e cottonoso que engrossa e forma o escleródio (BIANCHINI et al., 1997) conforme a figura 2.

O sintoma da doença pode aparecer em forma de tombamento (Damping-off), apesar de ser pouco frequente, isso ocorre quando plântulas são atacadas por micélios presentes no solo, proveniente de escleródios (PURDY, 1979). Hims, (1979) reportou este sintoma em colza (*Brassica napus*). Alguns pesquisadores trabalhando com feijão puderam observar o sintoma sendo um sério problema na fase de desenvolvimento da cultura (EL-GALI, 2018, RODRIGUES e Da CUNHA, 2021). Abdel-Monaim (2011) trabalhou com a doença causando damping-off em grão de bico (*Cicer arietinum* L.) e (Hammami et al., 2013) em tomate (*Solanum lycopersicum* L.)



Figura 2: Plantas de soja (*Glycine max*) com sintomas (amarelecimento, murcha e seca) e sinais (micélio e escleródio) de mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*).

2.1.3. Controle

Por ser um fungo profilático, com mais de 500 espécies hospedeiras (BOLAND e HALL, 1994; SAHARAN e MEHTA, 2008), e possui estrutura de sobrevivência, o escleródio, o seu controle se torna um desafio (JULIATTI et al., 2015). A rotação de cultura se torna uma alternativa pouco eficiente, uma vez que praticamente só as Poaceae não são atacadas pelo patógeno (WENDLAND et al., 2018), porém este método pode ajudar a reduzir o inoculo inicial na área (BIANCHINI et al., 1997, BRANDÃO et al., 2008).

O uso da palhada no solo é uma das alternativas para o manejo da doença, pois o material vegetal forma barreira física que impede a germinação dos escleródios, reduz o número de apotécio no solo, diminui a incidência da doença e favorece condições para a mortalidade do escleródio (GORGEN et al., 2007, MENEZES e MEYER, 2014, FELLER et al., 2021). Gorgen et al, (2008) trabalhando com palhada de *Urochloa ruziziensis* no manejo de mofo branco demonstrou que a palhada favorece a mortalidade do escleródio e aumenta a porcentagem de parasitismo do *Trichoderma* spp. sobre o escleródio.

O manejo da irrigação e o sistema de plantio direto podem diminuir a intensidade da doença em feijão (NAPOLEÃO et al., 2005). Por meio da redução da produção de apotécio da *S. sclerotiorum* por meio do manejo da irrigação em associação com a cobertura com palhada de gramíneas (FERRAZ et al., 1999).

Aumentar a aeração e permitir a penetração de raios solares na lavoura é uma recomendação para o manejo da doença (BIANCHINI et al., 1997). Para isso o espaçamento entre linhas em culturas perenes, como soja e feijão, é uma alternativa eficiente (VIEIRA et al., 2012, LIMA et al., 2021). Macena et al. (2011) comprovaram que aumento do espaçamento entre linhas do feijoeiro, reduz número de escleródios, incidência e severidade da doença. Hawthorne (1974) em seu estudo com alface (*Lactuca sativa*) mostrou que variedades que apresentam crescimento mais ereto são menos susceptíveis a doença, uma vez que modifica o microclima presente nas entre linhas.

O controle genético do mofo branco pode ser uma alternativa eficaz, como por exemplo, a seleção de cultivares de soja menos susceptíveis (GARCIA e JULIATTI, 2012) e o tipo de crescimento de variedades de alface (HAWTHORNE, 1974). Alguns autores apresentaram trabalhos com genéticos resistentes ou tolerante a doenças em outras culturas, como feijão (CARNEIRO et al., 2011), girassol (GODOY et al., 2005) e ervilha (PORTER et al., 2009). Isso mostra que este método pode ser empregado em diferentes culturas.

O controle químico é uma das principais alternativas de manejo da doença, porém deve-se atentar a alternância de grupos químicos com diferentes modos de ação, para retardar o processo de resistência por parte do fungo (MEYER et al., 2022A). Fosfitos de potássio apresenta resultados satisfatório no manejo da doença, sendo usado como indutores de resistência de plantas (MACEDO et al., 2021) e podendo ser associado a outros métodos (CAMOCHENA et al., 2020).

Meyer et al. (2011) concluíram em seu estudo que produtos à base carbendazim, tiofanato metílico e fluazinam podem reduzir a incidência da doença e massa de escleródio na cultura da soja. Fluazinam apresenta ser uma molécula eficiente no controle de mofo branco, reduzindo a severidade da doença e apresentando ganho de produtividade na soja (CARDOSO et al, 2015). Aplicações de fungicidas no estágio fenológico R1, fase de infecção da doença, apresenta ser eficiente no controle da *S. sclerotiorum* (MEYER et al., 2011).

2.1.4 Controle biológico

O controle biológico de mofo branco é norteado por aplicação de agentes biológicos para infecção do solo (MEYER et al., 2022B). Existem produtos à base de fungos e bactérias

eficiente no controle da *S. sclerotiorum*, que podem atuar na produção de diferentes formas, como micoparasitismo, antibiose, competição, indução a resistência de plantas (MEYER et al., 2022C).

Dentre os fungos antagonista, o gênero de *Trichoderma* destaque-se por ser um dos mais utilizado e pesquisado. Inúmeras espécies diferentes possuem potencial de controle da doença, como, *T. asperellum*, (GABARDO et al., 2020), *T. harzianum* (GORGEN, 2008), *T. asperelloides* (SUMIDA et al., 2018), *T. atroviride*, *T. koningiopsis* (HIDAYAH et al., 2022), *T. viride* (MOTLAGH e ABOLGHASEMI, 2022) (HADDAD et al., 2017), *T. longibrachiatum* (CASTILLO et al., 2011). Estes fungos atuam na inibição da germinação carpogênica e micelial, micoparasitismo, antibiose, produção de compostos voláteis indução a resistência e redução da incidência da doença (MOTLAGH e ABOLGHASEMI, 2022; GERALDINE et al., 2013, SUMIDA, 2018; RIVERA-MÉNDEZ et al., 2020, CASTILLO et al., 2011).

Outro fungo que apresenta potencial para o controle de *S. sclerotiorum* é o *Coniothyrium minitans*. Ele possui característica antagonistas semelhantes ao *Trichoderma* sp. como a produção de metabolitos antifúngicos, micoparasitismo, secreção de substâncias e inibição da germinação de escleródios (ZHAO et al., 2020; RODRIGUES e CUNHA, 2021, SIVAGNANAPAZHAM et al, 2022, JONES et al, 2004).

Outro que está no grupo dos fungos antagonista da *S. sclerotiorum*, é o *Clonostachys rósea*, sendo capaz de diminuir a viabilidade dos escleródios (DA SILVA et al. 2021), produzir metabolitos tóxicos (COSTA et al., 2009, RODRIGUEZ et al., 2011), e micoparasitismo dos escleródios (ETHUR et al., 2014, RODRIGUEZ et al., 2011).

Existem outros fungos que são antagonistas da *S. sclerotinia*, Smolińska e Kowalska (2018) citam em sua revisão, espécies como *Aspergillus niger*, *A. ustus*, *Drechslera* sp., *Epicoccum purpurascens*, *Penicillium citrinum*, *P. funiculosum*, *P. pallidum*, *Streptomyces lydicus*, *Talaromyces flavus* e até algumas espécies de fitopatógenos como *Fusarium graminearum*, *Fusarium oxysporum* e *Alternaria alternata*.

Dentre as bactérias, o gênero de *Pseudomonas* é constantemente estudado como agente potencial para o controle do fitopatógeno. Isolado de *Pseudomonas* sp. possui a capacidade de inibir a germinação de ascósporos e induzir a produção de enzimas de defesas por parte da planta (FERNANDO et al., 2007). *Pseudomonas chlororaphis* são capazes de diminuir a gravidade da doença em plantas e produzir metabólicos antibióticos (SELIN et al., 2009, BERRY et al., 2010). *Pseudomonas aeruginosa* apresenta ser promissora no controle do

patógeno, pois apresentar capacidade de inibir o crescimento micelial do fungo (DESHWAL, 2012).

O gênero de *Paenibacillus* possui bactérias com capacidade de controlar fitopatógenos. A espécie de *P. alvei* é então relatada com a capacidade de induzir gene de resistência da planta e reduzir o crescimento *S. sclerotiorum* (FATOUROS et al., 2018). *Paenibacillus polymyxa* podem produzir compostos voláteis que inibem a formação de escleródio e a infecção micelial (Liu et al., 2008).

Existem outras espécies que possuem modo de ação no controle da *S. sclerotiorum*, como *Achromobacter piechaudii*, *Arthrobacter* sp., *Burkholderia cepacia*, *Buttiauxella warmboldiae*, *Cupriavidus campinensis*, *Mesorhizobium loti*, *Pandoraea* sp., *Serratia plymuthica* (SCHMIDT et al., 2021, HAN et al., 2023, McLOUGHLIN et al., 1992, KAMENSKY et al., 2003, CHANDRA et al., 2007).

2.1.5. Biocontrole de *S. sclerotiorum* com *Bacillus* sp.

O gênero dos *Bacillus* provavelmente deve ser o mais pesquisado para o biocontrole de doenças de plantas, existem inúmeras espécies no controle *Sclerotinia sclerotiorum*. O *Bacillus amyloliquefaciens* é um antagonista da *S. sclerotiorum*, por meio de atividade antimicrobiana, produção de compostos voláteis, enzimas degradadoras de células, e indução de resistência da planta, podendo reduzir a infecção da doença e diminuir a mortalidade de mudas (FERNANDO et al, 2007, WU et al., 2014, FARZAND et al., 2019, ABDULLAH et al., 2008). Os antibióticos lipopeptídicos produzidos por *B. amyloliquefaciens* causam o rompimento da parede celular do fitopatogênico (ABREU et al., 2022). Dos Santos et al. (2023) mostram que isolados de *B. amyloliquefaciens* produzem compostos voláteis que inibem o crescimento da *S. sclerotiorum*.

Outro exemplo é o *Bacillus subtilis* secreta substâncias antifúngicas, que inibem a germinação e crescimento do fungo, enzimas como quitinase e glucanase que interferem na síntese da parede fúngica, causa vazamento do citoplasma (ZHANG e XUE, 2010, Chen et al., 2014). Esta espécie é relatada com a capacidade de diminuir a incidência e severidade da doença, e induzindo resistência em plantas (CHEN et al., 2014, AYAZ et al., 2024).

Outra espécie relatada no biocontrole da *Sclerotinia sclerotiorum* é *Bacillus megaterium*, no qual é capaz de produzir substâncias que inibem o crescimento das hifas do patógeno, também diminuiu a incidência da doença em colza (*Brassica napus*) (HU et al, 2013). Esta mesma espécie foi relatada aumentando a atividade enzimática, associadas a defesa e recuperação vegetal, em plantas de repolho roxo (*B. oleracea* var. *capitata* l. f. *rubra*) (TOZLU et al., 2016).

Bacillus cereus possui um papel fundamental na inibição do crescimento micelial do fungo e na produção de composto voláteis inibitórios (HU et al., 2023). Ma et al. (2024) demonstraram, *in vitro*, que o isolado de *B. cereus* inibiu em 79% o crescimento micelial do fungo e apresentou deformações nas hifas próxima ao halo de inibição. Em outro estudo apresentou 100% de inibição micelial do patógeno (KOÇAK e BOYRAZ, 2024).

Bacillus thuringiensis são capazes de induzir a resistência sistêmica em planta de mostarda (*Brassica campestris*) contra a *S. sclerotiorum*, (WANG et al., 2020). Esta espécie foi relatada inibindo o crescimento micelial, e apresentou diminuição no diâmetro da lesão causada pelo fungo (FARZAND et al., 2019).

Bacillus velezensis é um potencial agente de biocontrole da *Sclerotinia sclerotiorum* (WANGWANG et al., 2020). Ele é capaz de inibir o crescimento micelial do patógeno e produz extratos extracelulares antifúngicos (CHENG et al., 2024). Esta bactéria foi capaz de inibir o crescimento micelial por meio de filtrados celulares livres em 64,10% e proporcionou um aumento de 24% no número de mudas saudáveis, de soja (*Glycine max*) inoculadas com *S. sclerotiorum* (MIAN et al., 2024).

Outras espécies de *Bacillus* sp., como *B. altitudinis* (Goswami e Deka, 2020), *B. australimaris* (SINHA et al., 2023), *B. halotolerans*, *B. atrophaeus*, (FARZAND et al., 2019) *B. safensis*, *B. pumilus* (RIBEIRO et al. 2021) e *B. simplex* (KOÇAK e BOYRAZ, 2024) foram relatadas tendo pelo menos um modo de ação no controle da *Sclerotinia sclerotiorum*.

2.2 Gênero *Bacillus*

Os *Bacillus* são pertencentes ao Super reino Eubacteria, Reino Bacillati, Filo Bacillota Classe Bacilli, Ordem Bacillales e Família Bacillaceae (NCBI, 2024). Até a presente data está descrito no banco de dados da National Center for Biotechnology Information (2025) 15165 genomas pertencentes ao gênero.

O gênero *Bacillus* foi criado por Cohn em 1872, compostos por bactérias Gram-positivas, aeróbicas, formadoras de endósporos. Este gênero é um dos mais diversos e úteis comercialmente entre os microrganismos. Estão amplamente distribuídos no solo, água e ar, onde estão envolvidos em diferentes transformações químicas, em condições de alta temperaturas, extrema salinidade, acidez e no sistema imunológico de animais (HARWOOD, 1989, MAUGHAN e VAN DER AUWERA 2011 *apud* HOLT, 1986).

Uma das características marcantes, e utilizada a critério de identificação do gênero (HARWOOD, 1989) é a formação de endósporo, que são estruturas de resistência da bactéria. Basicamente a função dos endósporos é preservar e propagar as informações presentes no DNA

da bactéria (NICHOLSON, 2002). Os esporos são considerados com umas das formas de vida mais resistentes do planeta, pois resistem a condições extremas, como temperaturas (altas temperaturas, congelamento e descongelamento), dessecação, radiação, altas pressões e produtos químicos tóxicos (NICHOLSON et al., 2000, SETLOW, 2014, LI et al., 2019, FITZHENRY et al., 2019, KIM et al., 2021, TARRAH et al., 2021, ZHAO et al., 2023). Cano e Borucki (1995) conseguiram reviver endósporos de *B. sphaericus* que estava presente no abdômen de abelha extinta entre 25- 40 milhões de anos. Os endósporos são compostos pelo DNA presente no seu núcleo, envolvido pelo córtex protetor e por duas camadas lamelar, interna e externa (NICHOLSON et al., 2000). O seu tamanho pode varia de acordo com as espécies, Nicholson et al., 2000 relatou o endósporo de *Bacillus subtilis* com o eixo longo medindo 1,2 μm e área do núcleo 0,25 μm .

Quando a baixa disponibilidade ou ausência de nutrientes a célula bacteriana se direciona para a formação do endósporo, ocasionando a paralisação do ciclo de crescimento e divisão celular (LANNA FILHO et al., 2010) este processo é conhecido como esporulação. Veja o esquema de formação de endósporo (figura 3), descrito por Lanna Filho et al. (2010). Porém a produção industrial de esporos é complexo, condições favoráveis é dependente da espécie desejada, fatores como aeração, pH e nutrição disponível podem ser limitantes para uma ótima esporulação (BIERMANN e BEUTEL, 2023).

A germinação dos endósporos está ligada a disponibilidade de nutrientes, como açúcares, aminoácidos simples e nucleosídeos, biossensores são capazes de recuperar as características de uma célula ativa, na presença de nutrientes (MOIR, 2006). O uso de esporos tem sua vantagem sobre a células vegetativas devido a sua resistência (WOLKEN et al., 2003) assim podemos associar esporos a produtos bacterianos com maior vida de prateleira e estabilidade, uma vez que sua germinação acontece em determinadas condições.

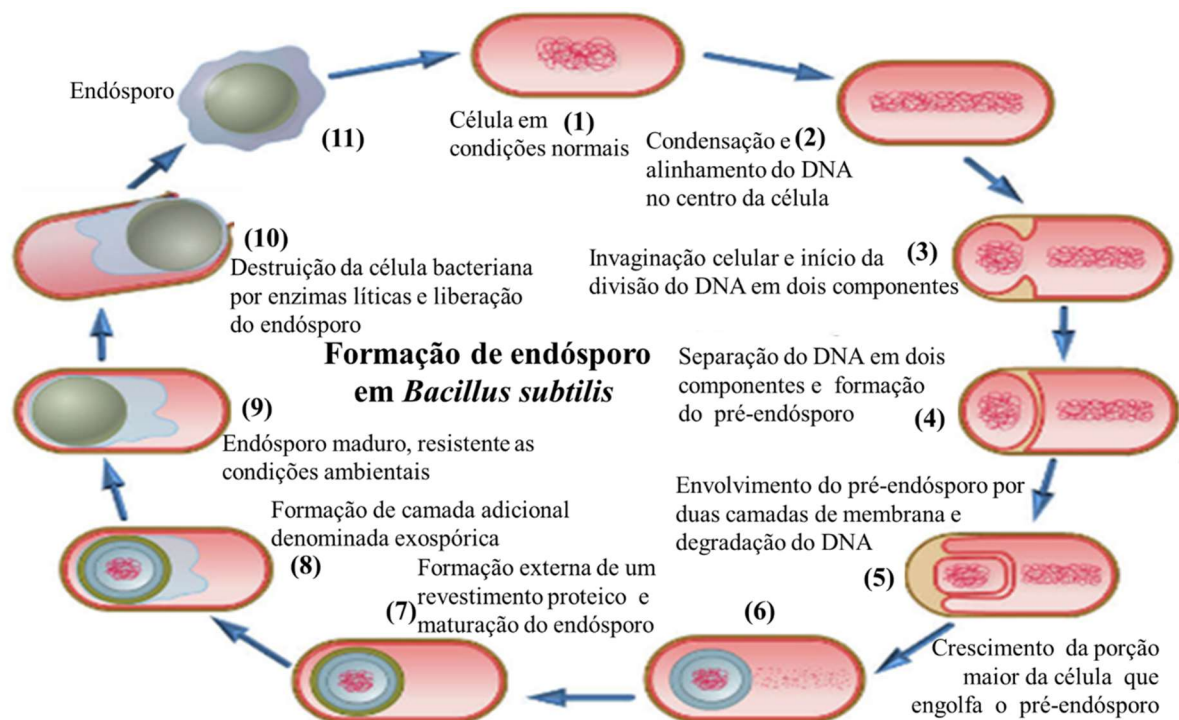


Figura 3: Representação esquemática da formação de endósporo em uma célula da bactéria *B. subtilis* quando as condições nutricionais são limitantes. 1) Célula em condições normais; 2) Condensação e alinhamento do DNA no centro da célula; 3) Invaginação celular e início da divisão do DNA em dois componentes; 4) Separação do DNA em dois componentes e formação do pré-endósporo; 5) Crescimento da porção maior da célula que engolfa o pré-endósporo; 6) Envolvimento do pré-endósporo por duas camadas de membrana e degradação do DNA; 7) Formação externa de um revestimento protéico e maturação do endósporo; 8) Formação de uma camada adicional denominada de exospórica; 9) Endósporo maduro, resistente às condições ambientais; 10) Destruição da célula bacteriana por enzimas líticas e liberação do endósporo e 11) Endósporo maduro. (Fonte: LANNA FILHO et al., 2010)

2.2.1 Funções dos *Bacillus*

Existe muito conteúdo sobre as funções ou aplicação dos *Bacillus* e, que vão do seguimento industrial, agrícola e ecológico, caberia um artigo de revisão para cada uma das funções. Porém aqui será abordado de forma geral alguns assuntos, com o foco na produção de alimentos.

Apesar de diferentes espécies desse gênero ser usada para benefícios da humanidade, há relato daquelas que apresentam malefícios. Em uma revisão Ehling-Schulz et al. (2019) comparam três espécies de *Bacillus* como agentes patológicos em humanos, *B. cereus* associado a intoxicação alimentar, *B. anthracis* agente causador do antraz e *B. thuringiensis* causa

infecção em indivíduos imunocomprometidos. Além da intoxicação alimentar, o *B. cereus* pode causar doença por meio da toxinfecção (JAVANOVIC et al., 2021).

Este grupo de bactéria é relatado no seguimento industrial. Alguns *Bacillus* sp. podem precipitar Carbonato de Calcio, essa tecnologia é aplicada em diferentes áreas, como em indústria de papel, tinta, medicamento e plástico e na biorremediação de matérias de construção (DHAMI et al., 2013).

Nguyen et al. (2019), estudaram a autocura e durabilidade do concreto produzido a base de *Bacillus subtilis*, onde relataram que 83,74% dos estudos relacionados a microrganismo em matérias a base de cimentos, são com o gênero dos *Bacillus*. Jonkers et al. (2010) concluíram que *Bacillus* sp. apresentam candidatos potenciais como agentes autocurativo de concreto e outras matérias a base de cimento.

Estes microrganismos podem ser empregados na recuperação de áreas poluídas por minerios e metais pesados. Pereira e Castro-Silva (2010) e seu estudo conclui que algumas linhagens de bactérias, entre elas alguns *Bacillus*, podem ser potenciais no auxílio de regeneração de áreas impactadas por mineral de carvão. Imobilização de Uranio por *Bacillus* spp. contribui para a biodegradação de poluentes (ZHONG et al., 2021).

2.2.2 *Bacillus* na agropecuária

Comumente os *Bacillus* são relacionados a agricultura, porem eles podem ser aplicados em outros sistemas de produção. Na piscicultura, espécies com *B. subtilis* e *B. licheniformis* podem serem usadas como probióticos, na redução do nível de estresse por cortisol e no aumento de atividade enzimática de defesa, em *Clarias gariepinus* (ROMANOVA et al., 2020). Em uma revisão Kuebutornye et al. (2019) apontam o potencial dos *Bacillus* sp. na piscicultura, na manutenção do bem-estar dos animais cultivados, melhoria no crescimento, respostas imunológicas, utilização de alimentos e qualidade da água.

Bacillus subtilis usado com probiótico, pode promover a saúde intestinal e óssea de aves, por meio da regulação de cada órgão, podendo ainda ser uma ferramenta útil para melhorar a saúde e aumento na produção (JIANG et al., 2021).

São comumente relacionados também no manejo de insetos pragas. O *Bacillus thuringiensis* é relatado principalmente no controle de lepidópteros (YAAKOV et al., 2022, DUARTE et al., 2021, CHAKRABARTY et al., 2020). Porem outras pragas são relatadas sendo controladas por *B. thuringiensis* como acaro rajado, *Tetranychus urtica* (SILVEIRA et al. 2011) e bicudo vermelho, *Rhynchophorus ferrugineus* (ELSHARKAWY et al., 2022). Sánchez-Yáñez et al. (2022) em sua revisão, descreveram a espécie sendo agente de biocontrole de

insetos pertencentes as seguintes ordens: *Coleoptera*, *Diptera*, *Hymenoptera*, *Homoptera*, *Orthoptera* e *Phthiraptera*.

Lima e Cunha (2021) relatou duas cepas de *Bacillus* sp. causando mortalidade, *in vitro*, da broca do café (*Hypothenemus hampei*). Em seu estudo, Elsharkawy et al. (2022), demonstraram que *B. cereus* tem capacidade entomopatogênica sobre *Rhynchophorus ferrugineus*.

2.2.3 *Bacillus* Rizobactérias promotoras de crescimento

Alguns *Bacillus* possuem a capacidade de colonizar o sistema radicular de plantas e mediar a promoção de crescimento, são as rizobactérias promotoras de crescimento em plantas (RPCP). Essa promoção de crescimento pode ser mediada pelo ganho de biomassa da planta, incluindo outros fatores com clorofila (SHAFFIQUE et al., 2023). Estas bactérias podem fazer diferentes reações na rizosfera, como a formação de biofilme, produção de substância antibióticas e compostos voláteis (ABREU et al., 2022, MOREIRA et al., 2024, PISITHKUL et al., 2019).

Há diferentes formas das bactérias promoverem crescimento nas plantas, uma delas é modulação ou estimulação de fitohormônios (SAEED et al., 2021). Ayaz et al. (2022) relataram em seu estudo que dois isolados de *Bacillus* possuem a capacidade de promover crescimento através da modulação fitohormônial. Sorokan et al., (2021) demonstraram que *Bacillus subtilis* 26D tem a capacidade de incrementar o Ácido indole-3-acético (AIA) no meio líquido. Neste mesmo estudo foi apresentado também, que a bactéria tem a capacidade de aumentar os níveis de hormônios em brotos novos de batata (*Solanum tuberosum*) após danos causado por desfolha.

Bacillus safanisis foi capaz de produzir hormônios como AIA, ácido abacisco (ABA) e Trans-Zeatina (tZ), e promover crescimento em plantas de batata e repolho (*Brassica napus* L) (CHEBOTAR et al., 2024). O ácido Giberélico (GA), outro fitohormônio, também pode ter sua produção induzida por bactérias (QIN et al., 2021).

Outro mecanismo de promoção de crescimento em plantas promovido pelos *Bacillus* é a solubilização e disponibilidade de nutrientes. A solubilização de fosforo (P), por meio de bactérias, pode ocorrer pela produção de ácidos orgânicos, quelação e troca (SAIED et al. 2018, ABDEL GALIL et al., 2022). O isolado de *Bacillus thuringiensis* GL-1 podem promover a solubilização de composto insolúveis como $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, FePO_4 e AlPO_4 , com maior solubilização por redução do pH, imobilização de Chumbo (Pb), por meio da liberação de espécies de fosfatos, e adsorção do mesmo pelas células (LIU et al., 2021). Isolados de *Bacillus*

sp. pode incrementar o ganho de biomassa vegetal, solubilizar fósforo (P) e aumentar o teor do nutriente na planta, sendo o processo de solubilização uma possível alternativa para diminuir aplicação de fertilizantes fosfatados nas culturas (MOSELA et al. 2022, LI et al., 2023).

Outro nutriente que pode ser solubilizado por bactérias é o potássio, consequentemente promovendo crescimento vegetal e incrementando o teor de K na planta (CHEN et al., 2020). Este processo provavelmente ocorre por meio de produção de ácidos orgânicos e polissacarídeos (CHEN et al., 2022, ZHOU et al., 2022). Isolados de *B. aryabhatai* e *B. megaterium* são capazes de solubilizar Zinco (Zn) e promover crescimento vegetal, a solubilização pode ocorrer por meio da produção de exopolissacarídeos (NASSER et al., 2020). Mumtaz et al., (2020) concluíram que os *Bacillus* sp. usados em seu estudo, é recomendado para a biofortificação do milho com Zn em solos deficientes do nutriente. Cepas de *Bacillus* sp. podem solubilizar e incrementar a absorção de Manganês (Mn) pelas plantas, incrementando atributos de crescimento em milho (IJAZ et al., 2021). *B. amyloliquefaciens* pode solubilizar Silício (Si), reduzindo a toxidez de Arsênio nas plantas, possivelmente, através da competitividade nutricional entre os elementos, e promove crescimento (BIST et al., 2022).

Algumas bactérias dos gêneros *Bacillus* podem fixar nitrogênio de forma assimbiótica (SOUMARE et al., 2020). A promoção de crescimento de plantas pode ocorrer pelo aumento da absorção de Nitrogênio (N) e fixação do mesmo por meio de *Bacillus* spp. (MASSOD et al., 2020). Além disso, *Bacillus velezensis*, pode promover a eficiência da fixação de N, números, massa seca e tamanho de nódulos em associação com *Bradyrhizobium diazoefficiens* em soja, havendo o ganho de massa seca de planta (SIBPONKRUNG et al., 2020).

As RPCPs podem produzir sideróforos, que são compostos orgânicos de baixo peso molecular produzidos por plantas e microrganismo (AHMED e HOLMSTROM 2014, KHAN et al., 2022). Estes compostos podem atuar no ciclo do Ferro (Fe), e consequentemente no ciclo do P pois este elemento pode estar precipitado com Fe, acúmulo de cobre (Cu) (KHAN et al., 2022, KUMAR et al., 2021).

Alguns *Bacillus* sp. podem induzir a tolerância de plantas aos estresses abióticos, como estresse hídrico e salino e deficiência nutricional, aliada a promoção de crescimento (AYAZ et al., 2022, AZEEM et al., 2022, WANG et al. 2022 e CHEBOTAR et al., 2024). Esta benfeitoria pode ocorrer por meio da modulação da transcrição gênica e hormonal, ativando o sistema de defesa e absorção de íons (SHAFFIQUE et al., 2023, KHAN et al., 2021). Os efeitos dos estresses abióticos em plantas podem ser mitigados pela formação de biofilme em suas raízes, produzidos por *Bacillus* sp. (ÇAM et al., 2023, HAROON, 2023).

Algumas espécies do gênero são capazes de produzir ACC deaminase, que está ligada à rota do etileno, induzir tolerância a estresses abióticos em plantas (GOWTHAN, et al., 2020, MUKHTAR et al., 2020). Compostos voláteis produzidos por *B. amyloliquefaciens* induzem a tolerância a estresse por meio do ácido jasmônico (JA) (LIU et al. 2020).

2.2.4 *Bacillus* manejo de fitopatógenos

Grande parte das pesquisas com *Bacillus* são voltadas para o manejo de doenças de plantas, provavelmente devido aos diferentes mecanismos de ação e o número de espécies de fitopatógenos controladas, na tabela 1 está descrito alguns patógenos e ação do *Bacillus* sobre eles. Os *Bacillus* são reportados no controle de nematóides, fungos, oomicetos, bactérias e vírus (MONTALVÃO et al., 2018, MOREIRA et al., 2024, KOÇAK e BOYRAZ, 2024, DIMKIC et al., 2013, SHARIPOVA et al., 2015).

Antibiose, provavelmente, seja o mecanismo mais utilizado pelos *Bacillus* no biocontrole de fitopatógenos, que consiste na produção de substância e/ou composto tóxicos ou inibitórios aos patógenos. Pode ser pela produção de enzimas hidrolíticas, como quitinase, quitosanase, glucanase, celulase, lipase e protease, que degradam componentes da parede celular de bactérias e fungos (MILJAKOVIC et al., 2020), compostos voláteis (MOREIRA et al., 2024) e metabolitos secundários (KIESEWALTER et al., 2021).

Um dos mecanismos usados na proteção de plantas contra patógenos, atribuídas pelos *Bacillus*, é por induzir a produção de fitohormônios, vinculado ao sistema de defesa da planta, como o Ácido Salicílico (SA) e Ácido Jasmônico (JA), regular a expressão gênica hormonal e genes de resistência (QIN et al., 2021, SAMARAS et al., 2021), conhecido como indução de resistência. O sistema de defesa das plantas também pode ser induzido por compostos voláteis produzidos por *Bacillus* spp. (AYAZ et al., 2021). *Bacillus methylotrophicus* foi capaz de induzir resistência em plantas de algodão (MONTALVÃO et al., 2022)

A competição por espaço e nutrientes é um mecanismo de inibir o patógeno. *B. amyloliquefaciens* pode colonizar e competir por espaço no filopiano contra outros microrganismos (DIMOPOULOU et al., 2021). Competição por exsudatos radiculares é uma forma de manejo de patógenos, que pode ser mencionada como “repelência” (MOREIRA et al., 2024).

Tabela 1: Modo de ação de alguns isolados de *Bacillus* sobre fitopatógenos em plantas, reportados na literatura.

Agente	Patógeno	Cultura	Mecanismo	Referência
<i>B. amyloliquefaciens</i> BaNCT02	<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Formação de Biofilme, Composto Voláteis, Enzimas e Repelência	Moreira et al., 2024
<i>B. amyloliquefaciens</i> GRSB-21	<i>Corynespora cassicola</i>	<i>Solanum lycopersicum</i>	Antibiose	Monteiro et al., 2023
<i>B. amyloliquefaciens</i> MBI600	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i>	<i>Solanum lycopersicum</i>	Compostos bactericidas Competição e Indução Resistencia	Dimopoulou et al., 2021
<i>B. atropheus</i> GBSC56	<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Solanum lycopersicum</i>	Composto Voláteis e Indução a Resistência	Ayaz et al., 2021
<i>B. pumilus</i> 7P/3 – 19	Red clover mottle vírus (RCMV)			
	Alfafa mosaic vírus (AMV)	<i>Pisum sativum</i>		
	Potato vírus X (PVX)	<i>Nicotina tabacum</i>	Enzimas	Sharipova et al., 2015
	Potato vírus M (PVM)	<i>Solanum tuberosum</i>		
<i>B. subtilis</i> CAS15	Potato vírus S (PVS)			
	<i>Fusarium oxysporum</i> Schl. f. sp. <i>capsici</i>	<i>Capsicum annuum</i> L.	Antibiose e Indução a Resistência	Yu et al., 2011
<i>B. subtilis</i> MBI600	<i>Rhizoctonia solani</i>			
	<i>Pythium ultimum</i>	<i>Solanum lycopersicum</i>	Antibiose e Indução a Resistência	Samaras et al., 2021.
	<i>Fusarium oxysporum</i>			
<i>B. subtilis</i> SL18r	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Solanum lycopersicum</i>	Indução a Resistencia	Zhou et al., 2021

3-MATERIAL E MÉTODO

3.1 Obtenção dos Isolados

O isolado de *Sclerotinia sclerotiorum* (VPB015) foi obtido pela coleta de escleródios em uma área de cultivo de soja (*Glycine max*) no município de Carrancas-MG, em janeiro de 2024. Os escleródios foram levados ao laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento da Viva Soluções Biológicas LTDA (VIVA) e armazenados em geladeira. Para obtenção de micélio, em câmara de fluxo laminar, os escleródios foram desinfestados por um minuto em solução de hipoclorito de sódio (1 %), um minuto em álcool (70 %) e lavados em água destilada autoclavada (121°C, 30 minutos) e secos em papel filtro estéril. Posteriormente os escleródios foram colocados em placas de Petri (90 mm) com meio Batata Dextrose Agar 39g/L (BDA, KASVI) e levados a incubadora BOD (ALFAMARE AM 5010) por sete dias a 25 °C.

As bactérias antagonistas utilizadas no trabalho, são pertencentes a três instituições diferentes. Foram utilizadas 63 cepas bacterianas (Tabela 2) isoladas de solo, destas, nove cepas pertencentes ao acervo microbiano da VIVA, 10 pertencentes ao Laboratório Mineiro de Análises Agrícolas e Microbiológicas LTDA (LAMAM) e 44 cepas pertencem ao Laboratório de Genética e Biotecnologia (GENEB) do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). As bactérias foram previamente identificadas, pelos responsáveis de cada laboratório, sendo pertencentes ao gênero *Bacillus*, por características morfológicas.

Tabela 2. Origem dos isolados bacterianos usados nos experimentos, Brasília 2025.

Isolado	Espécie	Região	Ano	Instituição
GA155	<i>Bacillus</i> sp.	Sul de Minas	2024	VIVA
GA156	<i>Bacillus</i> sp.	Sul de Minas	2024	VIVA
GA157	<i>Bacillus</i> sp.	Sul de Minas	2024	VIVA
GA158	<i>Bacillus</i> sp.	Sul de Minas	2024	VIVA
GA159	<i>Bacillus</i> sp.	Sul de Minas	2024	VIVA
GA160	<i>Bacillus</i> sp.	Sul de Minas	2024	VIVA
GA161	<i>Bacillus</i> sp.	Sul de Minas	2024	VIVA
GA162	<i>Bacillus</i> sp.	Sul de Minas	2024	VIVA
GA163	<i>Bacillus</i> sp.	Sul de Minas	2024	VIVA
B01	<i>Bacillus</i> sp.	Alto Paranaíba	2023	LAMAM
B02	<i>Bacillus</i> sp.	Alto Paranaíba	2023	LAMAM
B03	<i>Bacillus</i> sp.	Alto Paranaíba	2023	LAMAM
BC04	<i>Bacillus</i> sp.	Alto Paranaíba	2023	LAMAM
B04	<i>Bacillus</i> sp.	Alto Paranaíba	2023	LAMAM
AN672 B04	<i>Bacillus</i> sp.	Alto Paranaíba	2023	LAMAM
B05	<i>Bacillus</i> sp.	Alto Paranaíba	2023	LAMAM
B05A	<i>Bacillus</i> sp.	Alto Paranaíba	2023	LAMAM

[illegible]

*O intervalo de tempo onde foi isolado as bactérias

3.2 Ensaio *in vitro*

3.2.1 Seleção de bactérias pelo teste de Dupla Cultura

O trabalho foi conduzido no Laboratório P&D da VIVA. As bactérias foram repicadas em placas com meio Agar Nutriente (NA), composto por extrato de carne 3g/L, peptona 5g/L, cloreto de sódio 8g/L, ágar 20g/L, levadas a BOD por sete dias 25 °C.

Foi adaptada a metodologia descrita por Abdullah et al. (2008), onde foi colocado um disco de 5 mm contendo micélio do fungo com 7 dias de cultivo a 10 mm da borda da placa Petri (90 mm), contendo meio BDA+NA (1:1). Do lado oposto, com auxílio de alça de repicagem, foram feitas três estrias contendo a bactéria a 10 mm da borda. O tratamento controle teve apenas o fungo. Todo procedimento foi efetuado dentro da câmara de fluxo. Foram feitas triplicatas, e levadas a BOD a 25°C por sete dias.

Após os sete dias foi feita avaliação qualitativa, onde foi observado se havia inibição do crescimento micelial do fungo. As 26 bactérias que apresentaram inibição foram submetidas a outro teste de dupla cultura. Porém foi acrescentado mais dois tratamentos, produtos registrados no MAPA para o controle da doença, Biológico I (Mix de 3 *Bacillus* sp. $4,6 \times 10^8$ EV/mL) e o Biológico II (*Bacillus velezensis* $3,0 \times 10^9$ UFC/mL). O delineamento utilizado foi inteiramente ao acaso (DIC), sendo 29 tratamentos, sendo um controle, dois tratamentos controles positivos e 26 Cepas, com três repetições, sendo cada placa uma parcela experimental.

Foram medidos os tamanhos dos halos de inibição com um paquímetro digital, no qual se mediu a distância entre o crescimento bacteriano e a colônia do fungo. Também foi medido o tamanho da colônia do fungo e mensurado a inibição do crescimento em porcentagem, conforme a fórmula:

$$(90 - TC) * 100/90$$

Onde 90 é o tamanho da placa em mm, *TC* a medição do tamanho da colônia.

3.2.2 Fermentação e crescimento em meio líquido

Foram utilizados 19 isolados que tiveram os melhores resultados no teste de dupla cultura. Em Erlenmeyer 250 mL, foram colocados 75 mL do meio Luria Bertani (LB) 25 gr/L, pH 7, equivalente a 30% de sua capacidade e autoclavado a 120 °C por 30 minutos. Após o resfriamento, as colônias bacterianas crescidas em meio sólido NA, com sete dias de cultivo, foram inoculadas em meio líquido com o auxílio de uma alça de platina. Após inoculadas, as colônias em meio líquido LB foram colocadas em um agitador orbital à 190 RPM por 72 horas

com temperatura de 28 a 30° C. Posteriormente foi feito a microscopia, onde foi avaliado a produção de endósporos. As bactérias que esporularam, foram submetidas a demais testes.

3.2.3 Teste de Metabolitos Termoestáveis

Para o teste de metabolitos termoestáveis (MTEs), foram autoclavados 2 mL de cada um dos 16 fermentados bacterianos por 30 minutos à 121 °C. Em meio BDA foi depositado, à 10 mm da borda, um disco de 5 mm contendo o micélio do fungo VPB015, e na borda oposta foi adicionado 100 µL do fermentado autoclavado. No controle foi colocado apenas o disco com o fungo, e foi feito um tratamento adicional com apenas o meio líquido, ausente de inoculação, autoclavado, para verificação de possível componente antifúngico. Foram feitas triplicatas, e levadas a BOD a 25 °C por 17 dias. Foi avaliado de forma qualitativa se havia ou não inibição do crescimento do fungo.

Para a mensuração da inibição micelial dos MTEs, foram utilizadas seis cepas que apresentaram maior inibição, sendo 17AN673, GN01, GN120, GA155, GA157 e GA163. Para isso foi produzido o meio BDA enriquecido com fermentado de cada cepa, em duas concentrações 10 e 20%. Em erlenmeyers de 1000 mL de capacidade foi adicionado 450 mL de água destilada + 50 mL de fermentado, para o meio à 10%, e 400 mL de água + 100 mL de fermentado para o meio 20%, foi acrescentado 39 g/L de BDA. Foram autoclavados por 30 minutos à 121 °C e vertido em placas de Petri de 90 mm de diâmetro.

Um disco de micélio de 5 mm de diâmetro, com 7 dias de crescimento foi colocado ao centro de cada placa, o controle foi colocado em meio BDA ausente de fermentado. As placas foram vedadas e levadas a BOD a 25 °C por 20 dias. Após este período foram medidas as colônias do patógeno, onde os valores foram calculados na fórmula.

$$I = (C - T)/C \times 100$$

Sendo que I representa a porcentagem de inibição, C medidas do controle e T as medidas dos tratamentos. O experimento foi conduzido em esquema fatorial 6x2+1 sendo seis cepas e duas concentrações (10 e 20%), mais o controle. Cada parcela foi constituída de uma placa de Petri, com cinco repetições, distribuídas em DIC totalizando 65 parcelas.

3.2.4 Teste de Metabolitos Voláteis

Para realização do teste de metabolitos voláteis foi adaptada a metodologia de Gotor-Vila et al. (2017). Foram selecionados os seis isolados do item anterior. Em placas de Petri, bipartidas com meio BDA em uma parte e meio NA em outra. Um disco de 5 mm de diâmetro, contendo o micélio do fungo, foi transferido ao centro da parte com BDA. Foram depositados

50 µL de suspensão bacteriana no centro da parte Petri com AN. No controle, foi colocado só o fungo no BDA. As placas foram acondicionadas em BOD a 25°C por 7 dias. Após este período foram medidas as colônias do patógeno, onde os valores foram calculados na fórmula.

$$I = (C - T)/C \times 100$$

Sendo que I representa a porcentagem de inibição, C medidas do controle e T as medidas dos tratamentos. O trabalho teve sete tratamentos com quatro repetições, com 28 parcelas sendo cada placa uma parcela, e distribuído em DIC. Foi realizado o teste três vezes.

3.2.6 Inibição da germinação e inviabilidade do escleródio

Para determinar o potencial inibitório da germinação dos escleródios, foi adaptada a metodologia de Rodrigues e Cunha (2021). Foi realizada a desinfestação dos escleródios superficialmente por um minuto em solução de hipoclorito de sódio (5 %), um minuto em álcool (70 %) e lavados em água destilada autoclavada e colocados para secar em papel absorvente estéril por 20 minutos. Após a secagem completa, os escleródios foram submersos em uma suspensão contendo os tratamentos, sendo um total de 10, conforme a tabela 3.

Tabela 3. Descrição dos tratamentos presentes no teste de germinação de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum*, Brasília 2025.

Tratamento	Descrição	Dose por L
T1 Controle	Água destilada	-
T2 Biológico I	Mix 3 <i>Bacillus</i> sp. 4,6 x 10 ⁸ EV/mL *	-
T3 Químico	Tiofanato-Metilico 37,5% + Fluazinam 37,5% *	10 g
T4 17AN673	<i>Bacillus</i> sp. 1,0 x 10 ⁸ UFC/mL	-
T5 GN01	<i>Bacillus</i> sp. 1,0 x 10 ⁸ UFC/mL	-
T6 GN120	<i>Bacillus</i> sp. 1,0 x 10 ⁸ UFC/mL	-
T7 GA155	<i>Paenibacillus</i> sp. 1,0 x 10 ⁸ UFC/mL	-
T8 GA157	<i>Bacillus</i> sp. 1,0 x 10 ⁸ UFC/mL	-
T9 GA163	<i>Bacillus</i> sp. 1,0 x 10 ⁸ UFC/mL	-
T10 Biológico II	<i>Trichoderma harzianum</i> IB19/17 1x10 ¹⁰ UFC/g *	2g

*Produtos registrados pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) para o controle da doença.

Em meio BDA, foram colocados cinco escleródios por placa, vedadas com plástico filme e condicionadas em BOD a 25°C. Após 20 dias foram avaliados a quantidade de escleródios germinados. O experimento foi distribuído em DIC, com 10 tratamentos com quatro repetições, sendo cada placa uma parcela experimental. O experimento foi repetido duas vezes.

Posteriormente os escleródios não germinados foram desinfestados da mesma forma, e repetido o mesmo processo, para verificar a inviabilidade dos mesmos. Porém este ensaio não foi constituído pelo controle absoluto, nem controle positivo com Químico e Biológico II. Sendo T1 Biológico I, T2 17AN673, T3 GN01, T4 GN130, T5 GA155, T6 GA157, T7 GA163, com quatro repetições, sendo cada placa uma parcela experimental. Os valores foram transformados em porcentagem e submetidos aos testes estatísticos. O experimento foi realizado duas vezes.

3.2.7 Identificação taxonômica

As seis cepas que apresentaram resultados positivos nos testes anteriores foram levadas para caracterização filogenética, para identificação de espécie. As mesmas foram repicadas em placas de meio NA e levadas a um laboratório terceirizado. O método utilizado foi sequenciamento parcial do gene 16S rRNA. As sequências obtidas foram comparadas utilizando a ferramenta BLAST (Basic Local Alignment Search Tool), sendo consideradas exclusivamente sequências tipo (type strains) para garantir maior precisão na identificação taxonômica.

As sequências foram alinhadas utilizando o software ClustalW (Thompson et al., 1994), o que permitiu uma comparação precisa entre os nucleotídeos das amostras analisadas e das sequências de referência. Para a construção das árvores filogenéticas, foram aplicados três métodos distintos: Neighbor-Joining (SAITOU; NEI, 1987), Máxima Parcimônia e UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean). Em todos os métodos foi utilizado o modelo evolutivo de Jukes-Cantor (JUKES; CANTOR, 1969), que assume taxas iguais de substituição entre todos os pares de nucleotídeos. A robustez das árvores filogenéticas foi avaliada por meio de análise de bootstrap com 1000 repetições, proporcionando uma estimativa estatística da confiabilidade dos agrupamentos formados.

Os resultados obtidos permitiram a identificação parcial das linhagens bacterianas presentes nas amostras, com base na similaridade das sequências e no posicionamento filogenético em relação às sequências tipo disponíveis em bases de dados.

3.2.8 Biocontrole *in vitro* de outros fitopatógenos de solo

Os fitopatógenos utilizados foram: *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* LM01, *Macrophomina phaseolina* LM04 e *Rhizoctonia solani* LM011. Estes foram cedidos pelo LAMAM, os quais foram isolados de plantas de feijoeiro cultivadas em fazendas na região do Alto Paranaíba de Minas (Brasil). Foi utilizado como antagonista os seis isolados do item 3.2.7.

Os ensaios foram conduzidos igualmente ao item 3.2.1., diferenciaram-se apenas o tempo de condução. O isolado LM01 foi avaliado com 15 dias de cultivo, e os demais LM04 e LM11 foram avaliados com 7 dias. Foi feita a avaliação de forma qualitativa se havia inibição do crescimento do fungo, tamanho de colônia, e tamanho do halo.

3.2.9. Análise estatística

Nos testes *in vitro*, todos os dados foram submetidos ao teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilks), e quando necessário transformados, posteriormente foram submetidos a análise de variância (ANOVA) pelo teste F a 1 % de probabilidade. As médias foram comparadas por meio do teste de Scott Knott. Todos os testes foram feitos pelo programa RStudio 4.4.1 (R Project, 2016).

3.3 Biocontrole de *S. sclerotiorum* in vivo

3.3.1 Biocontrole de mofo branco em *Phaseolus vulgaris* L em solo infestado

Para a produção e inoculação do patógeno, foi adaptada a metodologia de Sabaté et al., (2018). Em sacos plásticos autoclaváveis, foram colocados 200 gramas arroz parboilizado umedecido a 30% com água destilada, autoclavado a 121 °C por 20 minutos e resfriados em câmara de fluxo laminar. Posteriormente, em cada saco, foram colocados 10 discos de 5 mm contendo micélio de fungo em meio BDA. O cultivo teve duração 10 dias a 22-28 °C, onde o micélio e o arroz foram agitados a cada dois dias.

O solo utilizado nos ensaios foi coletado em uma área de anos de cultivos de cereais no Município de Lavras MG, classificado como latossolo vermelho-amarelo. Para a esterilização, o solo foi peneirado e autoclavado a 120 C° por 30 minutos. Após o resfriamento foi adicionado o arroz colonizado no solo (0,5% p/p). Para homogeneização foi colocado 10 kg de solo em saco plástico e o arroz colonizado e agitado por um minuto. Posteriormente, foi vertido o conteúdo em bandejas plásticas com dimensões de 60x30x8 cm, umedecida com 30% de água. Após a inoculação do solo, foi realizada a semeadura de 100 sementes por bandejas, em quatro blocos de 25 sementes.

As sementes receberam os tratamentos descritos na tabela 4, todos na dose de 300 mL para 100 kg de sementes e T10 Controle Positivo, ausentes de ambas inoculações. Foram pesados 100 g de semente de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Perola tipo Dama para cada tratamento, e colocadas em sacos plásticos. Foi realizado a aplicação dos tratamentos com auxílio de um pipetador automático e realizado a homogeneização das sementes de forma manual.

Tabela 4. Descrição dos tratamentos presentes no teste biocontrole de *Sclerotinia sclerotiorum* em *Phaseolus vulgaris* L em solo infestado, Brasília 2025.

Tratamento	Descrição	Dose por mL/Kg
T1 Controle -	Água destilada	3
T2 Químico	Carboxina 20% + Tiram 20%*	3
T3 Biológico	Mix 3 <i>Bacillus</i> sp. $4,6 \times 10^8$ EV/mL *	3
T4 17AN673	<i>Bacillus</i> sp. $9,4 \times 10^8$ UFC/mL	3
T5 GN01	<i>Bacillus</i> sp. $9,6 \times 10^8$ UFC/mL	
T6 GN120	<i>Bacillus</i> sp. $8,7 \times 10^8$ UFC/mL	3
T7 GA155	<i>Paenibacillus</i> sp. $1,3 \times 10^8$ UFC/mL	3
T8 GA157	<i>Bacillus</i> sp. $6,7 \times 10^8$ UFC/mL	3
T9 GA163	<i>Bacillus</i> sp. $9,1 \times 10^8$ UFC/mL	3
T10 Controle +	Ausência de Inoculação	-

*Produtos registrados pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) para o controle da doença.

Foi realizado a avaliação 15 dias após plantio (DAP), contando número de plantas emergidas, com sintomas, morta, número de sementes e plântulas não emergidas com a presença do patógeno. A incidência da doença, será em porcentagem de acordo com a seguinte fórmula:

$$I = S \times 100/N$$

Onde I é incidência da doença em porcentagem, S número de plantas mortas ou com sintoma da doença, plântulas não emergidas e sementes com a presença do patógeno, e N número total de sementes semeadas. O trabalho foi distribuído em Delineamento Inteiramente ao Acaso (DIC), com dez tratamentos, com quatro repetições. Os dados foram submetidos ao teste de normalidades dos resíduos (Shapiro-Wilks), e quando necessário transformados em $x+0,5$, e submetidos ao teste de Scott Knott a 5% pelo programa R Studio.

3.3.2 Biocontrole de *S. sclerotiorum* em folha destacada

Para determinação da eficiência dos isolados bacterianos no controle das lesões em folha de feijoeiro foi adaptado a metodologia de Teixeira et al. (2016). Foram coletados o primeiro trifólio de plantas de feijoeiro com 24 dias, cultivados em vasos plásticos. As folhas foram lavadas e colocadas para secar em três folhas de papel toalha. Em placas de Petri de 90 mm de diâmetro foi colocado 2 folhas de papel Germitest, e umedecido com 1 mL de água destilada

estéril. As folhas foram colocadas sobre o papel com uma porção de algodão no pecíolo, e posteriormente umedecido conforme o papel Germitest.

Os tratamentos, conforme a tabela 5, foram aplicados com pipetas, 50µl por folhas, e espalhados com uma alça de Drigalski. A inoculação do patógeno foi realizada logo após aplicação dos tratamentos. Em uma cultura micelial de 7 dias de *S. sclerotiorum* foram retirados discos de 5 mm e colocados ao centro das folhas do feijoeiro. As placas foram vedadas com papel filme e levadas a incubadora BOD á 25° C. As avaliações foram feitas 5 dias após inoculação (DAI) do patógeno, mesurando a severidade da doença por meio de fotografias, aplicadas aos Plimam do programa Rstudio (Olivoto et al., 2021). O trabalho foi distribuído (DIC), com nove tratamentos com cinco repetições, sendo uma folha por parcela experimental. Os valores foram transformados em $\sqrt{((x+0,5)/100)}$ submetidos ao teste de Scott Knott a 1%,

Tabela 5. Descrição dos tratamentos presentes no teste de biocontrole de *Sclerotinia sclerotiorum* em folha destacada de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), Brasília 2025.

Tratamento	Descrição
T1 Controle-	Água destilada
T2 Biológico I	Mix 3 <i>Bacillus</i> sp. $4,6 \times 10^8$ EV/mL *
T3 Químico	Tiofanato-Metilico 37,5% + Fluazinam 37,5% (10g/L)*.
T4 17AN673	<i>Bacillus</i> sp. $9,4 \times 10^8$ UFC/mL
T5 GN01	<i>Bacillus</i> sp. $9,6 \times 10^8$ UFC/mL
T6 GN120	<i>Bacillus</i> sp. $8,7 \times 10^8$ UFC/mL
T7 GA155	<i>Paenibacillus</i> sp. $1,3 \times 10^8$ UFC/mL
T8 GA157	<i>Bacillus</i> sp. $6,7 \times 10^8$ UFC/mL
T9 GA163	<i>Bacillus</i> sp. $9,1 \times 10^8$ UFC/mL
T10 Controle +	Ausente de inoculação

*Produtos registrados pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) para o controle da doença.

3.4 Bactérias na promoção de crescimento vegetal

3.4.1 Bactérias na emergência de plântulas de feijoeiro comum

A aplicação dos tratamentos foi semelhante ao item 3.1. Os tratamentos estão descritos conforme a tabela 6. Em bandejas plásticas com dimensões de 60x30x8 cm, foi adicionado 10 kg de solo estéril, e foi realizada a semeadura de 200 sementes por bandejas. O trabalho foi em

DIC, com nove tratamentos, com quatro repetições. Os valores foram submetidos ao teste de Scott Knott a 5%.

Tabela 6. Descrição dos tratamentos presentes no teste de emergência de plântulas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), Brasília 2025.

Tratamento	Descrição	Dose por mL/Kg
T1 Controle -	Água destilada	3
T2 Químico	Carboxina 20% + Tiram 20%*	3
T3 Biológico	Mix 3 <i>Bacillus</i> sp. $4,6 \times 10^8$ EV/mL *	3
T4 17AN673	<i>Bacillus</i> sp. $3,8 \times 10^8$ UFC/mL	3
T5 GN01	<i>Bacillus</i> sp. $1,4 \times 10^8$ UFC/mL	
T6 GN120	<i>Bacillus</i> sp. $6,1 \times 10^7$ UFC/mL	3
T7 GA155	<i>Paenibacillus</i> sp. $6,7 \times 10^7$ UFC/mL	3
T8 GA157	<i>Bacillus</i> sp. $1,5 \times 10^8$ UFC/mL	3
T9 GA163	<i>Bacillus</i> sp. $1,7 \times 10^8$ UFC/mL	3

*Produtos registrados pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA).

3.4.2 Promoção de crescimento em feijoeiro em vaso

O ensaio foi conduzido na casa de vegetação do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Em vasos plásticos de 5L foram colocados 4000 gramas de solo estéril. Os tratamentos foram aplicados conforme o item 3.3.1. Os tratamentos estão descritos na tabela 7 na dose de 300 mL para 100 kg de sementes.

Tabela 7. Descrição dos tratamentos presentes no teste de promoção de crescimento de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) em vaso, Brasília 2025.

Tratamento	Descrição	Dose por mL/Kg
T1 Controle-	Água destilada	3
T2 17AN673	<i>Bacillus</i> sp. $9,4 \times 10^8$ UFC/mL	3
T3 GN01	<i>Bacillus</i> sp. $9,6 \times 10^8$ UFC/mL	3
T4 GN120	<i>Bacillus</i> sp. $8,7 \times 10^8$ UFC/mL	3
T5 GA155	<i>Paenibacillus</i> sp. $1,3 \times 10^8$ UFC/mL	3
T6 GA157	<i>Bacillus</i> sp. $6,7 \times 10^8$ UFC/mL	3
T7 GA156	<i>Bacillus</i> sp. $9,1 \times 10^8$ UFC/mL	3

*Produtos registrados pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) para o controle da doença.

Para determinação de promoção de crescimento foram feitas avaliações destrutivas aos 21 DAP. Foi avaliado altura de planta, comprimento radicular, massa fresca de sistema radicular e parte aérea e área foliar, posteriormente as plantas foram levadas a uma estufa de secagem á 55 C° por 48 horas, onde foi determinado massa seca de parte área e sistema radicular.

O experimento foi constituído por sete tratamentos, com cinco repetições, com duas plantas por unidade experimental, distribuídos em BDC. Os valores foram submetidos ao teste de Scott Knott a 5% pelo programa R Studio.

4. RESULTADOS

4.1. Seleção de bactérias pelo teste de Dupla Cultura

No primeiro teste, foi observado, de forma qualitativa, que 26 cepas possuem a capacidade de inibir o crescimento micelial da *Sclerotinia sclerotiorum*. No segundo teste, 11 (GA130, GN109, GA159, GA155, GA158, GN01, GA156, B05A, GA157, GN120 e GA163) das 26 cepas tiveram resultados semelhantes aos dois controles positivos (Biológico I e II), sendo estatisticamente superior aos demais tratamentos para inibição do crescimento da colônia e apresentaram 26,77% a 31,67% de inibição. Os demais tratamentos, 15 cepas (AN672B04, GN29, GN16, GA162, GA161, GA154, BC04, GA164, 17AN673, GA160, GN130 e GN109) obtiveram resultados intermediários, sendo superior ao controle (Tabela 8).

Tabela 8. Efeito de diferentes isolados bacterianos sobre a inibição (%) do crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum*, no teste de Dupla Cultura em placa de Petri, Brasília 2025.

Tratamento	Inibição (%)	Tratamento	Inibição (%)
Controle	0 a*	GA160	26,33 c
B04	0 a	GN130	26,77 d
GN154	0 a	GN109	26,94 d
B05	0 a	Biológico I**	27,70 d
AN672B04	20,29 b	GA159	28,37 d
GA110	21,94 b	GA155	28,38 d
GN151	21,98 b	GA158	28,92 d
GN29	22,40 b	GN01	28,95 d
GN16	23,86 c	GA156	29,73 d
GA162	24,04 c	B05A	29,91 d
GA161	24,08 c	GA157	29,99 d
GA154	24,84 c	GN120	30,62 d
BC04	25,20 c	GA163	31,67 d
GA164	25,30 c	Biológico II***	34,85 d
17AN673	26,08 c		

*Médias na coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott 0.01, dados transformados em $\arcsen\sqrt{(x+0,5)/100}$.

** Produto registrado junto ao MAPA para controle da doença (Mix de 3 *Bacillus* sp. 4,6 EV/mL)

*** Produto registrado junto ao MAPA para controle da doença (*B. velezensis* 3 x 10⁹ UFC/mL)

Sobre o parâmetro o tamanho de halo de inibição (mm), 12 isolados (BC04, AN672B04, GN130, 17AN673, B05A, GA156, GA 158, GA155, GN01, GA157, GN163 e GA120) foram eficientes, obtiveram resultados estatisticamente superior aos demais, com valores entre 11,60 a 14,99mm. Os isolados GA155, GN01, GA157, GA163 e GN120 apresentam os maiores halos, todos os valores acima de 14 mm, sendo 14.09, 14.20, 14.33, 14.59 e 14.99 mm, respectivamente. Os produtos Biológico I e II tiveram resultados intermediários, juntamente com 11 isolados, sendo estatisticamente diferente da testemunha pelo teste de Scott Knott (1%). O controle negativo e três isolados não apresentaram halo de inibição, conforme a tabela 9.

Tabela 9. Tamanho do halo de inibição, em milímetros, promovido por diferentes isolados bacterianos, no crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum* no teste de Dupla Cultura em placa, Brasília 2025.

Tratamentos	Halo (mm)	Tratamentos	Halo (mm)
Controle	0 a*	Biológico II**	11,17 b
GN154	0 a	GA159	11,19 b
B05	0 a	BC04	11,60 c
B04	0 a	AN672B04	11,67 c
GA151	6,57 b	GN130	11,90 c
GA161	8,76 b	17AN673	12,18 c
GA164	8,93 b	B05A	13,69 c
GN110	9,08 b	GA156	13,77 c
GA162	9,11 b	GA158	13,98 c
GN29	9,12 b	GA155	14,09 c
GN109	9,34 b	GN01	14,20 c
Biológico I**	9,39 b	GA157	14,33 c
GN16	10,07 b	GA163	14,59 c
GA160	10,33 b	GN120	14,99 c
GA154	10,54 b		

*Médias na coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott à 1%, dados transformados em $x+0,5$.

** Produto registrado junto ao MAPA para controle da doença (*B. subtilis*, *B. velezensis* *B. pumilus* 4,6 EV/mL).

*** Produto registrado junto ao MAPA para controle da doença (*B. velezensis* 3 x 10⁹ UFC/mL).

4.2 Fermentação e crescimento em meio líquido

Na avaliação qualitativa de produção de endósporos bacterianos, foi observado que 16 cepas foram capazes de produzir endósporos após 72 horas de crescimento, sendo elas: GA155, GA156, GA157, GA159, GA160, GA161, GA162, GA163 GA164, BC04, B05A, 17AN673, GN01, GN16, GN19 e GN120.

4.3 Teste de Metabolitos Termoestáveis

De forma qualitativa foi possível avaliar que 14 fermentados autoclavados (GA164, GA163, GA162, GA161, GA160, GA159, GA157, GA156, GA155, GN120, GN19, GN16, GN01, 17AN673, B05 e B04) inibiram o crescimento micelial da *S. sclerotiorum*. O meio autoclavado ausente de inoculação não apresenta inibição no crescimento do fungo. Por fim foi selecionado seis dos 14 isolados para os demais testes, sendo eles o 17AN673, GN01, GN120, GA155, GA157 e GA163. No segundo experimento, o tratamento controle apresenta diferença estatística para os fatores, dose e isolados. Mostrando que os metabolitos após autoclavagem mantêm seu efeito antifúngico, sendo termoestáveis (Figura 4). Não há interação significativa entre os fatores, para dose, não há diferença estatística, sendo iguais pelo teste F (1%). Os isolados GA155 e GA163, são estatisticamente diferentes dos demais, apresentam diâmetro médio de colônia inferior, sendo 7,353 e 8,764 mm respectivamente (Tabela 10).

Tabela 10. Diâmetro (mm) médio da colônia de *Sclerotinia sclerotiorum* em placas de Petri com BDA acrescido de fermentados de diferentes isolados bacterianos autoclavados, em duas concentrações (10 e 20 %), com 20 dias de cultivos, Brasília 2025.

Tratamento	Diâmetro da Colônia	Diâmetro da Colônia	Diâmetro da Colônia
	(mm) 10%	(mm) 20%	(mm) Media
GN120	10,7	11,3	10,9a*
17AN673	11,0	10,4	10,7a
GN01	9,9	9,8	9,8a
GA157	10,2	8,9	9,6a
GA163	10,4	7,1	8,8b
GA155	7,3	7,4	7,4b
Média	9,91	9,15	9,53**
Controle	-	-	90**

*Médias seguidas da mesma letra não se diferem entre si pelo teste de Scott Knott à 1%.

**Médias seguidas com dois asteriscos são diferentes entre si pelo teste de Scott Knott.

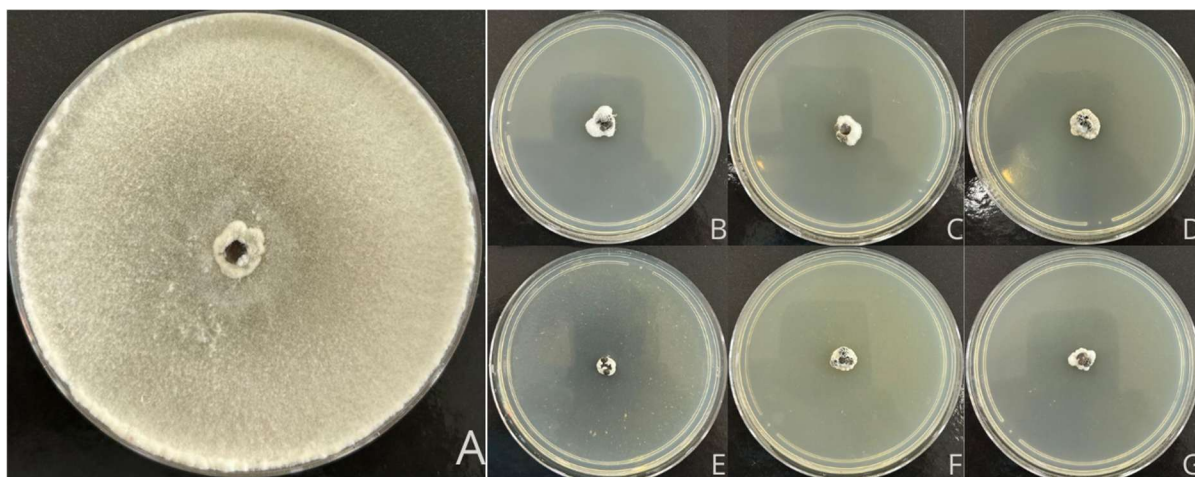


Figura 4: Colônias de *Sclerotinia sclerotiorum* com 20 dias de cultivo em meio BDA acrescido de fermentados bacterianos autoclavados. a) BDA; b) 17AN673 c) GN01; d) GN120; e) GA155; f) GA157; g) GA163.

4.4 Teste de Metabolitos Voláteis

Nenhum dos seis isolados apresentaram efeito inibitório no crescimento micelial por meio de compostos voláteis.

4.5 Inibição da germinação do escleródio

Todos os tratamentos contendo produto controlaram a germinação dos escleródios não havendo diferença estatística entre eles, se destacaram do controle, pelo teste de Scott Knott a 1%, conforme a tabela 11 (figura 5). Apesar de não haver nenhuma variação dos valores dentro de cada tratamento. Porém, após a desinfestação, todos os escleródios ausentes das bactérias germinaram.

Tabela 11. Porcentual de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* germinados, emergidos em caldas com diferentes tratamentos em placa de Petri.

Tratamento	Germinação (%)
Controle	100b*
Biológico **	0a
Químico***	0a
17AN673	0a
GN01	0a
GN120	0a
GA155	0a

GA157	0a
GA163	0a
<i>Trichoderma harzianum</i> IB19/17	0a

*Médias seguidas da mesma letra não se diferem entre si pelo teste de Scott Knott à 1%.

**Produto registrado junto ao MAPA para controle da doença (*B. subtilis*, *B. velezensis* *B. pumilus* 4,6 EV/mL)

*** Produto registrado junto ao MAPA para controle da doença (Tiofanato-Metilico 37,5% + Fluazinam 37,5%)

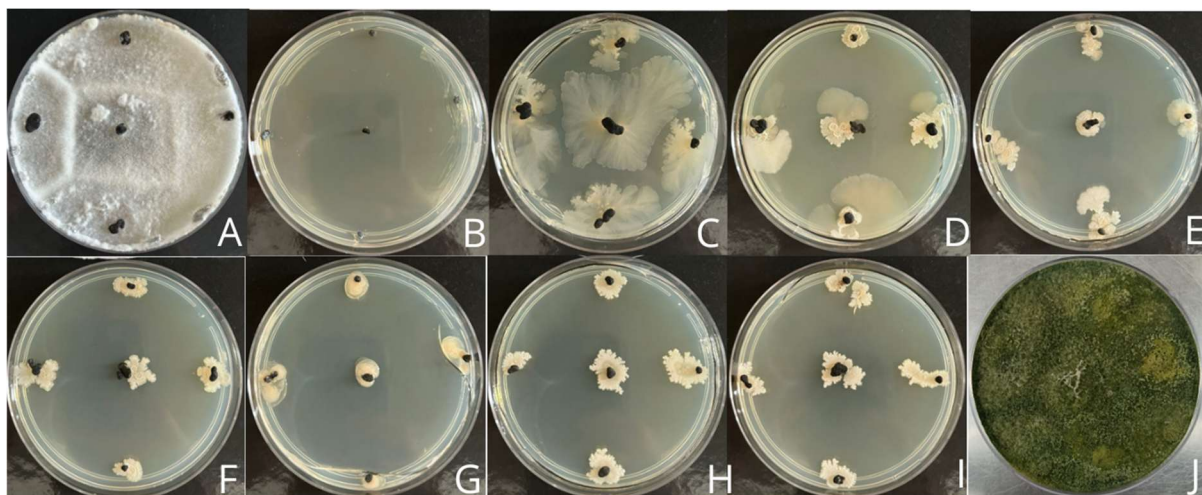


Figura 5: Escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* em placas com meio BDA não germinados, submetidos a diferentes tratamentos. a) Controle; b) Tiofanato Metílico + Fluazinam; c) Mix de *Bacillus* sp.; d) 17AN673; e) GN01; f) GN130; g) GA155; h) GA157; i) GA163; j) *Trichoderma harzianum* IBCB19/17.

4.6 Identificação taxonômica

De acordo com a análise filogenética das sequências da região 16S ribossomal, as linhagens apresentaram maior identidade de pareamento, a GA32 (17AN673) com *Bacillus subtilis* strain B-1 número de acesso AB213262.1 e com *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* strain IHB B 12506, número de acesso KJ767387.1, a GA33 (GN01) com *Bacillus methylotrophicus* strain Y-2 número de acesso KT902018 e com *Bacillus methylotrophicus* strain SY2, número de acesso KC790319.1, GA34 (GN120) *Bacillus siamensis* strain KCTK 13613 número de acesso KY643639.1, GA35 (GA155) com *Paenibacillus polymyxa* strain ZJU11 número de acesso PQ146574.1, GA36 (GA157) com *Bacillus amyloliquefaciens* strain SGD isolado 4 número de acesso LT745972.1 e GA37 (GA163) *Bacillus siamensis* strain KCTC 13613 com número de acesso MN176428.1, resultados apresentados na tabela 12.

Está apresentado a morfologia das colônias dos isolados na figura 6. Na construção das árvores filogenéticas a única linhagem que apresentou dois clados foi a GA32, sendo posicionada em *B. subtilis* e *B. amyloliquefaciens subsp. plantarum*, as demais linhagens, GA33, GA34, GA35, GA36e GA37 foram posicionadas em clados de *B. methylotrophicus*, *B. siamensis*, *P. polymyxa*, *B. amyloliquefaciens* e *B. siamenses*, respectivamente. Os valores de bootstrap foram todos superiores a 60% em todos os métodos aplicados (Figura 7).

Tabela 12. Identificação pelo método 16S ribossomal de isolados bacterianos utilizados nos experimentos, Brasília 2025.

Isolado	Código	Espécie	Isolado de pareamento
17AN673	GA32	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Bacillus subtilis</i> strain B-1
		<i>B. amyloliquefaciens</i>	<i>Bacillus amyloliquefaciens subsp. plantarum</i> strain IHB B 12506
GN01	GA33	<i>Bacillus methylotrophicus</i>	<i>Bacillus methylotrophicus</i> strain Y-2
GN120	GA34	<i>Bacillus siamensis</i>	<i>Bacillus siamensis</i> strain KCTK 13613
GA155	GA35	<i>Paenibacillus polymyxa</i>	<i>Paenibacillus polymyxa</i> strain ZJU11
GA157	GA36	<i>Bacillus amiloliquefaciens</i>	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> strain SGD isolate 4
GA163	GA37	<i>Bacillus siamensis</i>	<i>Bacillus siamensis</i> strain KCTK 13613

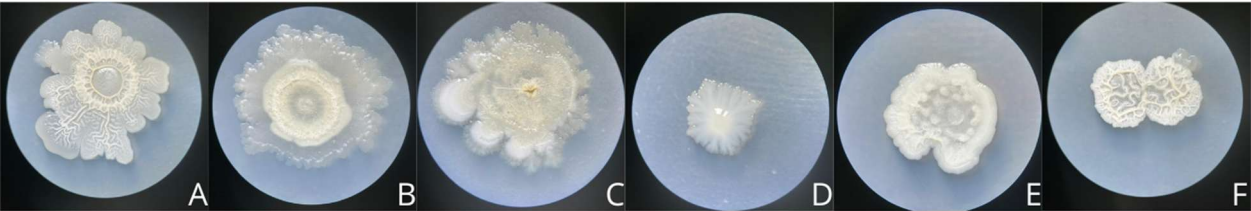


Figura 6: Colônias com 15 dias de cultivo dos isolados bacterianos em estudo, A) 17AN673, B) GN01, C) GN120, D) GA155, E) GA157 e F) GA163.

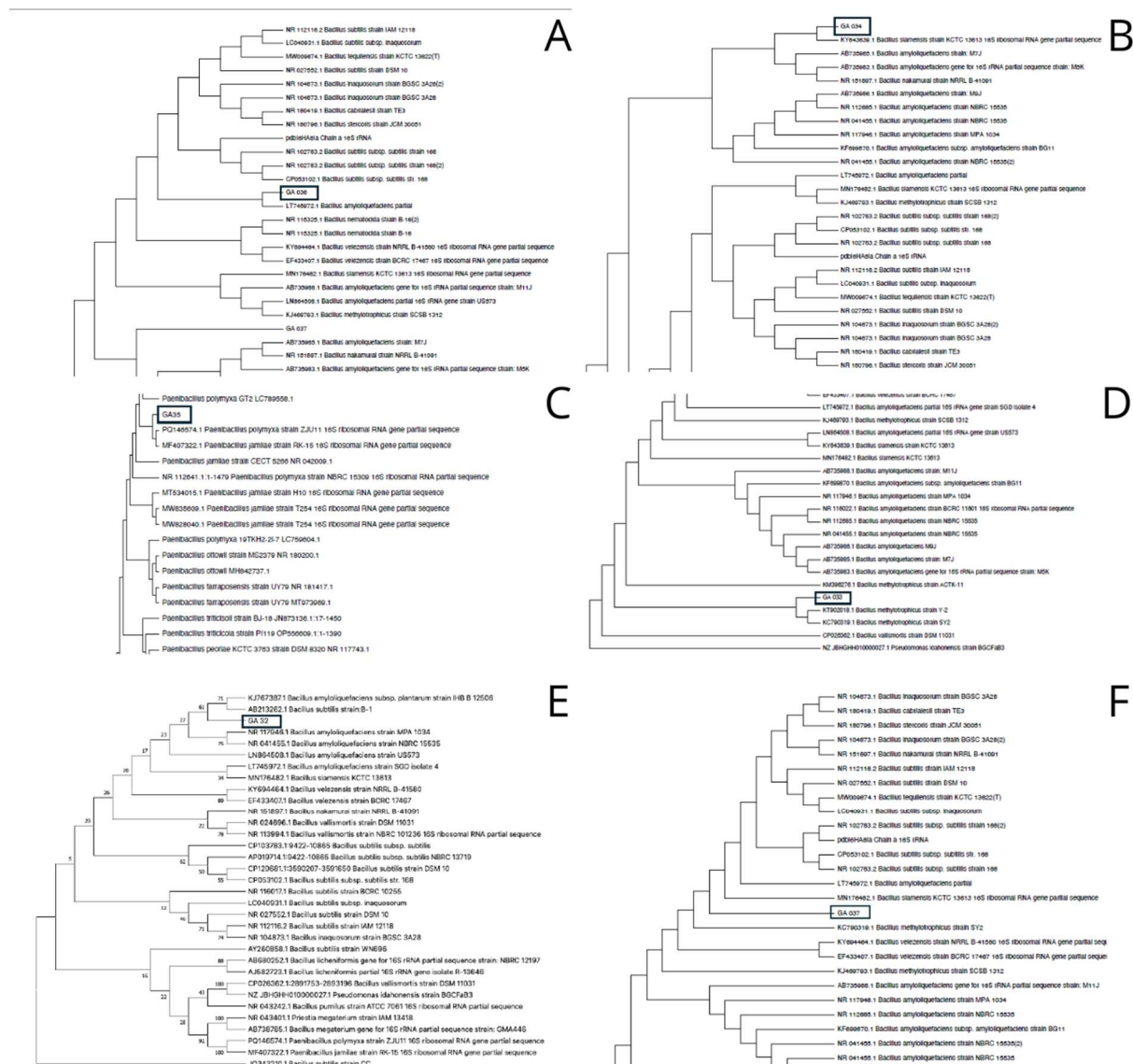


Figura 7: Árvore filogenética dos isolados em estudo, A) GA157, B) GN120, C) GA155, D) GN01, E) 17AN673 e F) GA163.

4.7 Biocontrole *in vitro* de outros fitopatógenos de solo

Os seis isolados bacterianos conseguiram inibir o crescimento micelial dos três fitopatógenos (Tabela 13). Em alguns casos o halo de inibição promovido pelo isolados foi superior aos demais. Para *M. phaseolina* os antagonistas testados apresentam resultados semelhantes estatisticamente em relação a inibição, reduziram o crescimento entre 32,60 a 35,79%. Porém em tamanho de halo de inibição, o isolado GA155 é estatisticamente superior aos demais, com 4,53 mm a mais que o segundo colocado, sendo o GA157 com halo de 8,15 mm. Os demais isolados apresentam halos variando entre 2,30 a 3,96 mm.

O isolado GA155 apresenta maior inibição do crescimento do *F. oxysporum* f. sp *phaseoli* 39,75%, os demais antagonistas são iguais estatisticamente, com valores de 33,99 a 35,72%. Com halo de inibição do LM01 de 16,04, 13,54 e 12,07 mm, os isolados GA155 17AN673 e GN01, respectivamente, apresentam diferença estatística sobre os demais. Em relação a *R. solani* os antagonistas apresentam a mesma eficiência, variando a inibição da colônia entre 32,68 e 29,04%, e halo entre 6,50 e 10,88mm. As cepas bacterianas testadas possuem potencial no manejo dos três fungos de solo, com destaque ao *Paenibacillus polymyxa* GA155, que apresentou ser superior as demais em alguns dos parâmetros (Tabela 8).

Tabela 13. Tamanho do halo de inibição em milímetros e inibição (%), promovido por diferentes isolados bacterianos, no crescimento micelial de *Macrophomina phaseolina*, *Fusarium oxysporum* e *Rhizoctonia solani*, em placa, Brasília 2025.

Tratamentos	<i>M. phaseolina</i>		<i>F. oxysporum</i>		<i>R. solani</i>	
	Halo (mm)	Inibição (%)**	Halo (mm)	Inibição (%)**	Halo (mm)	Inibição (%)**
Controle	-	0a*	-	0a*	-	0a*
17AN673	2,30a*	32,60b	13,54a*	35,40b	10,88a*	32,68b
GN01	3,96a	35,07b	12,07a	35,72b	10,20a	30,72b
GN120	2,68a	33,83b	7,07a	35,30b	8,67a	29,04b
GA155	12,68c	35,79b	16,04a	39,75c	10,33a	31,22b
GA157	8,15b	35,07b	9,98a	34,41b	9,80a	31,87b
GA163	3,55a	34,92b	11,58a	33,99b	6,50a	32,45b

*Médias seguida da mesma letra não se diferem entre si pelo teste de Scott Knott à 1%.

**Dados transformados em $\sqrt{((x+0,5)/100)}$.

4.8 Biocontrole de mofo branco em *Phaseolus vulgaris* em solo infestado

Sobre a porcentagem de plântulas emergidas em solo infestado, os tratamentos 2 e 5 (Carboxina + Tiram e *B. methylotrophicus* GN01) apresentam resultados superiores aos demais tratamentos, porém inferior a testemunha absoluta T10 (sem inoculação do patógeno). As sementes tratadas com o químico e *B. methylotrophicus* GN01 apresenta 36 e 30%, respectivamente, a mais na emergência de plantas que as sementes sem tratamentos em solos infestado com *S. sclerotiorum* (Figura 8).

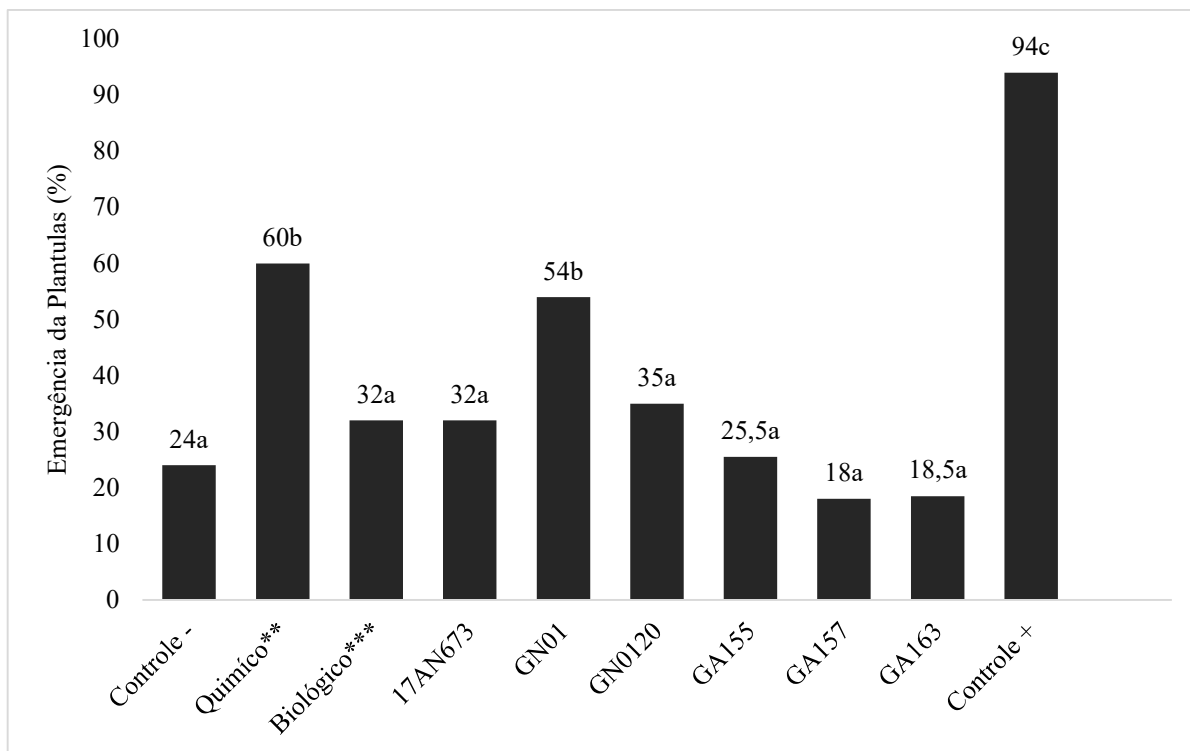


Figura 8: Porcentagem da emergência de plântulas de feijoeiro, sobre diferentes tratamentos de semente em solo infestado com *S. sclerotiorum*.

*Médias seguida da mesma letra não se diferem entre si pelo teste de Scott Knott à 5%.. ** Produto químico registrado junto ao MAPA para controle da doença (Carboxina 20% + Tiram 20%). *** Produto registrado junto ao MAPA para controle da doença (*B. subtilis*, *B. velezensis* *B. pumilus* 4,6 EV/mL).

Foram consideradas doentes as plântulas ou sementes com a presença do patógenos causando infecção, sintomas estão expostos na figura 9. Os tratamentos Químico e *B. methylotrophicus* GN01 apresentam menor incidência de doença, sendo 72 e 77% respectivamente. Os dois tratamentos se diferem dos demais pelo teste de Scott Knott 5%. Quando comparado ao controle, os tratamentos 2 e 5 reduziram a incidência da doença em 21 e 16% respectivamente (Figura 10). Os demais tratamentos não apresentaram resultados positivos na diminuição da incidência da doença, mostrando serem ineficientes no controle do patógeno por meio do tratamento de semente.



Figura 9: A) Plântulas emergidas com tombamento causado por *Sclerotinia sclerotiorum*; B) plântulas com sintomas de mofo branco; C) plântulas não emergidas por causada do mofo branco; D) sementes não germinadas com a presença de micélio e escleródios de *S. sclerotiorum*.

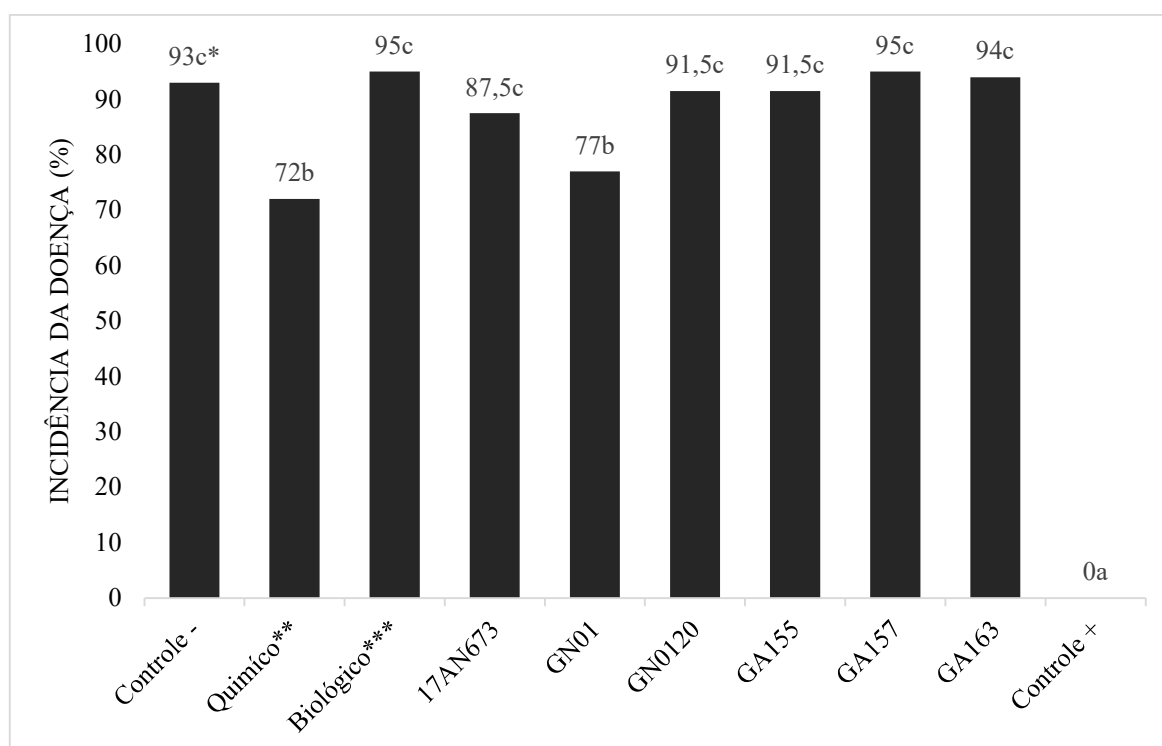


Figura 10: Incidência da doença causada por *S. sclerotiorum*, em feijoeiro, em solo infestado, sobre diferentes tratamentos de sementes.

*Médias com mesma letra não se difere entre si para o teste de Scott Knott a 5%, dados transformados em $x+0,5$.

** Produto químico registrado junto ao MAPA para controle da doença (Carboxina 20% + Tiram 20%).

*** Produto registrado junto ao MAPA para controle da doença (*B. subtilis*, *B. velezensis* *B. pumilus* 4,6 EV/mL).

4.9 Biocontrole de *S. sclerotiorum* em folha destacada.

Foi possível observar que todos os tratamentos, com exceção *Paenibacillus polymyxa* GA155 e o Mix de 3 Bactérias, apresentaram diferença estatística do controle com inoculação do patógeno, variando de 0 a 13,9 % de severidade (Tabela 14). O controle químico apresenta 0% de severidade, pois o fungo não conseguiu crescer na folha, porém apresentou sintoma de fitotoxidade. Os isolado de *Paenibacillus polymyxa* GA155 e o Mix de 3 *Bacillus* sp. e o Controle negativo apresentam resultados estatisticamente iguais, tendo médias 38,5; 48,2 % e 55,7%, respectivamente, para severidade de doença. Os demais isolados foram eficientes (17AN673, GN01, GN130, GA157 e GA163) e conseguiram inibir o crescimento do fungo e impedir em parte a infecção, resultados semelhantes ao controle químico a base de Tiofanato-Metilico e Fluazinam. Mostra que cinco dos seis isolados apresentam potencial como protetores quando aplicados antes da inoculação do patógeno (Figura 11).

Tabela 14. Severidade da doença (%) causada por *Sclerotinia sclerotiorum* em folha destacada de feijoeiro, submetidas a diferentes tratamentos, Brasília 2025.

Tratamento	Severidade da Doença (%)
Controle -	55,7a
<i>Bacillus</i> sp. 17AN673	9,4b
<i>Bacillus methylotrophicus</i> GN01	0,2b
<i>Bacillus siamensis</i> GN120	13,9b
<i>Paenibacillus polumyxa</i> GA155	38,5a
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> GA157	0,2b
<i>Bacillus siamensis</i> GA163	7,2b
Mix de 3 Bactérias**.	48,2a
Tiofanato-Metilico + Fluazinam	0b
Controle +	0b

*Médias seguidas da mesma letra não se difere entre si para o teste de Scott Knott a 1%, dados transformados em $\sqrt{(x+0,5)/100}$.

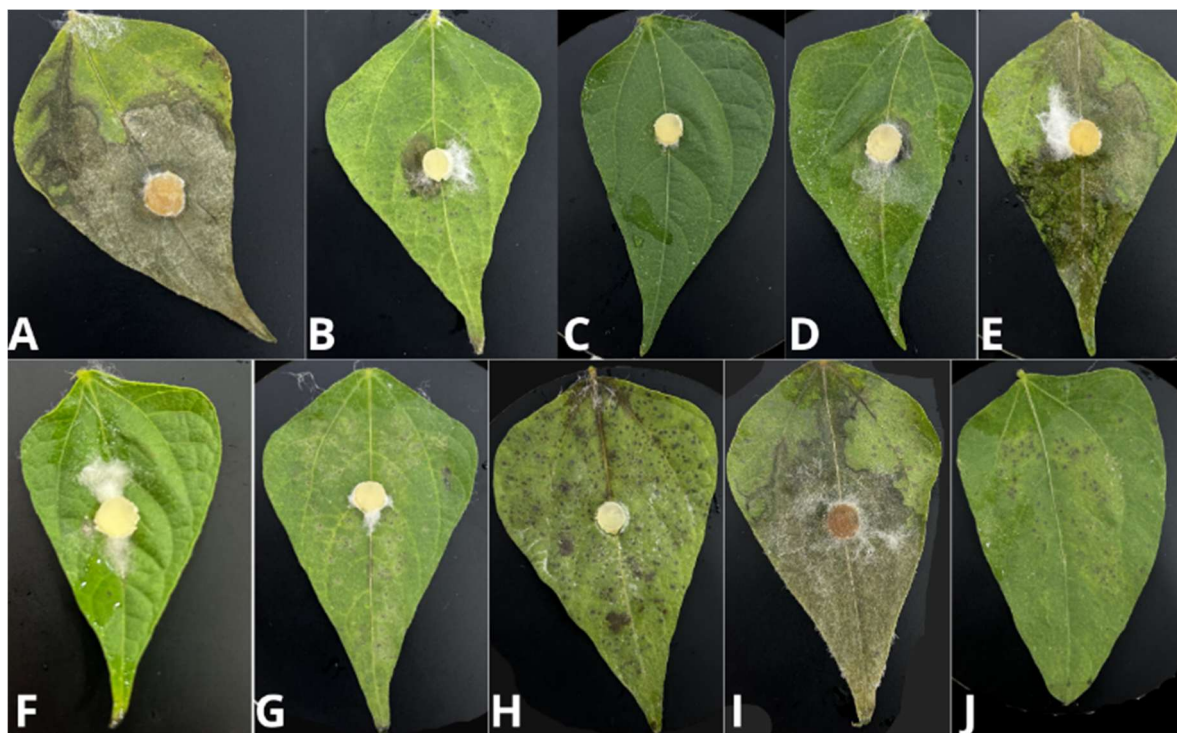


Figura 11: Folhas feijoeiro destacadas, inoculadas com *S. sclerotiorum*, com aplicação de diferentes tratamentos, A) Controle -, B) 17AN673, C) GN01, D) GN120, E) GA155 F) GA157 G) GA163 H) Tiofanato-Metilico + Fluazinam I) Mix de Bactérias e J) Controle +.

4.10 *Bacillus* na emergência de plântulas de feijoeiro comum.

Não houve diferença estatística, pelo teste de Scott Knott 5%, entre os tratamentos para o número de plântulas emergidas, variando de 81 a 96,5 %. Porém, sobre o índice de velocidade de emergência (IVE) os tratamentos GN120, 17AN673, GA155, GA163, Mix de 3 *Bacillus* sp. e GN01 apresentaram diferença estatística da testemunha e dos demais tratamentos, com valores 21.31, 21.72, 22.53, 23.88, 26.38 e 26.53 respectivamente (Figura12). Cinco dos isolados em estudo apresentam potencial no arranque inicial da cultura, aumentando o índice de velocidade de emergência.

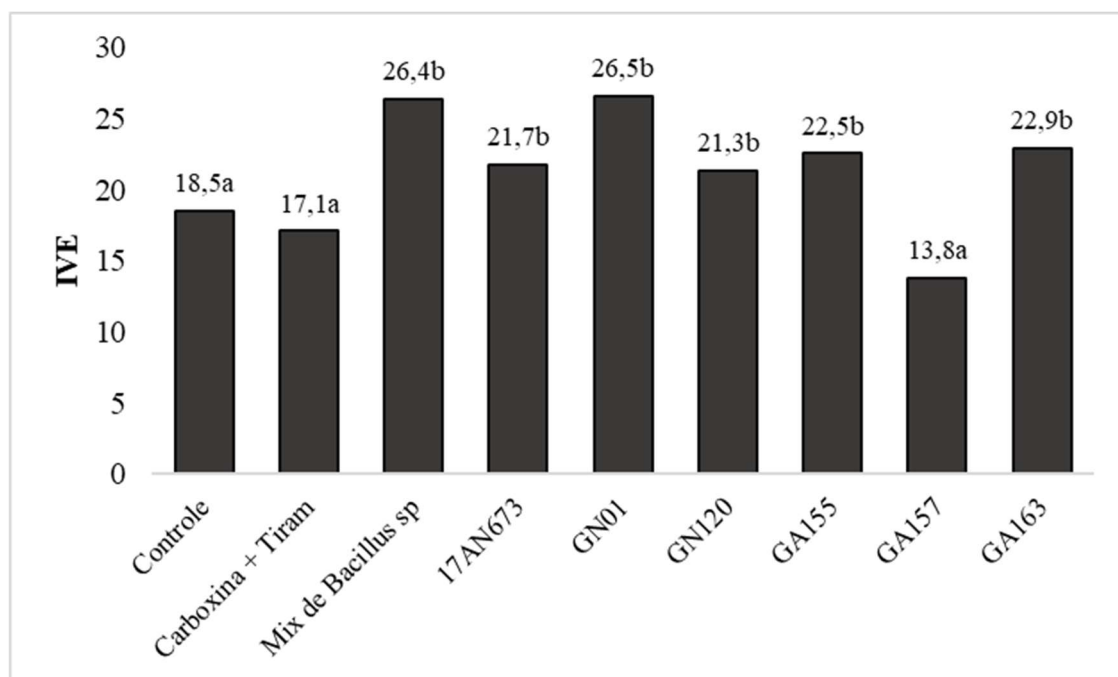


Figura 12. Índice de velocidade de emergência (IVE) de *Phaseolus vulgaris* sobre diferentes tratamentos de semente, Brasília 2025. *Médias seguidas da mesma letra não se diferem entre si pelo teste de Scott Knott à 5%.

4.11 Promoção de crescimento de feijoeiro em casa de vegetação.

Após 21 de emergência, apenas o isolado de *Paenibacillus polymyxa* GA155 foi capaz de promover crescimento vegetal em feijoeiro (Tabela 15 e 16). Ele foi capaz de incrementar a massa fresca de sistema radicular em 65,42% e massa seca de sistema radicular em 81,72 %, em comparação ao controle (Figura 13), se destacando estatisticamente dos demais tratamentos, pelo teste de Scott Knott (5%). Para os demais parâmetros, altura de planta, comprimento radicular, massa fresca e seca de parte aérea e área foliar não houve diferença estatística entre os tratamentos.

Tabela 15. Efeito de bactérias no tratamento de semente, sobre a promoção de crescimento em feijoeiro, para os parâmetros Altura de Planta (AP), Comprimento Radicular (CR), Massa Fresca da Parte Aérea (MFPA) e Massa Fresca do Sistema Radicular. (MFSR), Brasília 2025.

Tratamento	AP (cm)	CR (cm)	MFPA (g)	MFSR (g)
Controle -	29,54 ns	34,00 ns	6,26 ns	5,12 a
17AN673	29,56	36,93	6,99	6,09 a
GN01	29,62	35,12	7,26	5,10 a

GN120	27,06	38,00	6,12	5,15 a
GA155	31,06	39,87	9,05	8,47 b
GA157	28,00	41,93	7,09	5,14 a
GA163	25,75	40,37	5,44	3,96 a

*Médias na coluna seguidas da mesma letra não se difere entre si para o teste de Scott Knott a 5%.
ns= não diferença estatística para o teste de Scott Knott a 5%.

Tabela 16. Influência de isolados bacterianos no tratamento de semente, sobre a promoção de crescimento em feijoeiro, para o parâmetro Área Foliar (AF), Massa Fresca da Parte Aérea (MFPA) e Massa Fresca do Sistema Radicular. (MFSR), Brasília 2025.

Tratamento	AF (cm²)	MFPA (g)	MFSR (g)
Controle -	327,58 ns	0,82 ns	0,48 a
17AN673	366,28	0,89	0,59 a
GN01	390,35	0,96	0,47 a
GN120	315,12	0,78	0,55 a
GA155	444,74	1,14	0,87 b
GA157	347,38	0,93	0,53 a
GA163	265,10	0,65	0,37 a

*Médias na coluna seguidas da mesma letra não se difere entre si para o teste de Scott Knott a 5%.
ns= não diferença estatística para o teste de Scott Knott a 5%.



Figura 13: Plantas feijoeiro com 21 dias de emergências, inoculadas com diferentes tratamentos.

5. DISCUSSÃO

Alguns isolados de espécies de *Bacillus* são eficientes agentes biológicos para o controle de fitopatógenos (DOS SANTOS et al., 2023, Montalvão et al., 2022, Montalvão et al. 2021). *Paenibacillus alvei* foi reportado por ser capaz de inibir o crescimento, *in vitro*, de *S. sclerotinia* e *Rhizoctonia solani* (FATOUROS et al., 2018). Ma et al. (2024) demonstraram que *Bacillus cereus* inibiu o crescimento micelial do fungo em 79%, *in vitro*. Kocak e Boyras (2024), em sua pesquisa, apresentam isolado com inibição de 100% do crescimento micelial da *S. sclerotiorum*. A inibição do crescimento micelial pode ser promovida por alguns fatores, como a produção de lipopeptídeos (Hu et al., 2023), metabolitos secundários, como fengicina, iturina, surfactina e bacilomicina (RAMARATHNAM et al., 2007, FARZAND, et al., 2019, DOS SANTOS et al., 2023). Ribeiro et al. (2021) trabalharam com 28 isolados bacterianos, 24 *Bacillus* sp. e 4 *Paenibacillus* sp., nos quais apenas cinco isolados, todos *Bacillus* sp., apresentaram atividade antifúngica contra *S. sclerotiorum*. Isso, demonstra que apesar da diversidade de *Bacillus* spp. em estudos como antagonista, nem todos possuem a capacidade antifúngica.

O isolado RSS-1 de *B. subtilis* foi capaz de inibir em 93,4% o crescimento micelial da *Sclerotinia sclerotiorum* em placa (CAO et al., 2023). Zhang et al. (2021) trabalharam com três isolados, *B. amyloliquefaciens* SP-6, *B. methylotrophicus* SP-13 e *B. subtilis* SP-14, obtiveram alta eficiência no antagonismo deste patógeno, sendo 86,21%, 87,59% e 85,83%, respectivamente. Apesar de não ser tão pesquisado quanto as três espécies acima, o *B. siamensis* possui relato no controle de patógeno. O *Bacillus siamensis* B9, foi capaz de inibir, *in vitro*, em 87,9% o crescimento do patógeno causador do mofo branco (AULAKH et al., 2025). Kim et al. (2009), demonstraram que o isolado DY5 de *Paenibacillus polymyxa* possui atividade antagonista, *in vitro*, contra cinco fungos, entre eles o *Sclerotinia sclerotiorum*.

Apesar de alguns isolados terem demonstrados alta inibição do crescimento do patógeno, o halo de inibição foi pequeno em comparação aos demais. O halo de inibição é um parâmetro importante a ser avaliado em teste de antagonismo. Segundo Thampibanudom et al. (2018), isolado que apresentam grande “zona limpa” (halo), foi favorecido mais por mecanismo de antibiose, produzindo antibióticos eficientes na inibição. E que o crescimento da colônia bacteriana inibe por meio de competição por espaço e nutrientes.

Três isolados não foram capazes de produzir endósporos, isso pode estar relacionado as características genéticas, disponibilidade de nutriente e o tipo de cultivo. Segundo Lanna Filho et al. (2010) a esporulação das bactérias ocorre quando há ausência de nutrientes e condições

favoráveis. A esporulação em altas concentrações é um processo complexo, o desenvolvimento individual e a adaptação do bioprocessos são necessários para cada cepa específica (BIERMANN e BEUTEL, 2023). Elisashvili et al. (2019) sugerem que a formação de esporos se concentra nas características comuns e individuais de cada espécie. Klausman et al. (2021) trabalharam com um mutante de *B. subtilis* deficiente na capacidade de esporulação. Gauvry et al. (2021) demonstraram que condições ambientais poderiam impactar a produção de esporos do isolado de *B. subtilis* em estudo.

A atividade inibitória promovida pelos metabolitos termoestáveis produzidos por bactérias, foi relatada recentemente por Mian et al. (2024), onde metabolitos autoclavados de *B. velezensis* Ag109 inibiram em 55,9% o crescimento do patógeno. Filtrado de cultura de *P. elgii* foi capaz de inibir o crescimento de 10 fitopatógenos, entre eles *S. homoerropa* (KIM, 2020). O controle de *S. sclerotiorum* por meio de metabolitos bacterianos já foi relatado anteriormente, por outros autores (CAVALCANTI et al., 2020, CAO et al., 2023). Isolados de *Bacillus* sp. possuem a capacidade de produzir diferentes metabolitos antifúngicos, enzimas como quitinase e glucanase, lipopeptídeos, surfactina, fengicina iturina, Bacillomicina D, para o controle de *Sclerotinia sclerotiorum* (CHEN et al., 2014, ABREU et al., 2022, KOÇAK e BOYRAZ, 2024, MA et al. 2024, CHENG et al., 2024, MIAN et al., 2024). Porém eles não relataram a tolerância e a estabilidade de metabolitos quanto a altas temperaturas e pressão.

Pesquisas mostram que metabolitos termoestáveis possuem atividade antifúngica em outros patógenos. Kupper et al. (2003) em sua pesquisa, observaram que MTE de 67 isolados de *Bacillus* spp. possuem atividade antagonista a *Colletotrichum acutatum*. Isolados de *B. methylotrophicus* e *B. amyloliquefaciens* inibiram 100% o crescimento micelial de *Fusarium oxysporum* f. sp. *tracheiphilum* por meio de metabolitos (RODRIGUES et al., 2023). Lima et al. (2014) obtiveram que cinco dos isolados testados apresentaram ação inibitória contra *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* por meio de MTE. Fuga et al. (2016), em seus resultados, mostram que há inibição no crescimento micelial de *Sclerotium cepivorum* em meio de cultura acrescido de fermentados de isolados de *Bacillus* spp. em diferentes concentrações. Substâncias do isolado DY 5 de *P. polymixa*, inoculadas até 50° C por 30 minutos foi capaz de inibir o crescimento de *Trichoderma koningii* (KIM et al., 2009)

A concentração e o tipo de metabolito produzido estão relacionados, ao material genético da bactéria e condições de fermentação. Klausmann et al., 2021, trabalhou com diferentes isolados de *B. subtilis*, onde um dos isolados apresentou concentrações 21% maiores. Shahid et al., 2021, identificaram em isolados de *Bacillus* spp. genes relatados como

marcadores para a produção de metabolitos, e estes mesmos isolados foram capazes de produzir tais metabolitos. A velocidade de agitação e aeração no processo de fermentação, do isolado de *B. velezensis*, melhorou a produção de metabolitos secundários (AL-ASKAR et al., 2024).

Apesar de estudos mostrarem que as cinco espécies trabalhadas possuem a capacidade de produzir substâncias voláteis inibitórias a fungos (CHANG et al., 2025, RAZA et al., 2015, HE et al., 2020, WU et al., 2019, ZHANG et al. 2020, DOS SANTOS et al., 2023), neste estudo não foi capaz de obter este mesmo resultado para o patógeno estudado. No estudo de He et al (2020) citado acima, o isolado de *B. methylotrophicus* foi capaz de produzir COVs que inibiram o crescimento de três fungos, *Fusarium oxysporum*, *Botryosphaeria* sp. e *Colletotrichum gloeosporioides*, porém não teve a mesma capacidade contra *Penicillium expansum* e *Trichoderma atroviride*. León et al. (2020), em estudo com oito isolados de *Paenibacillus* sp. demonstraram que apenas quatro foram eficientes no controle, *in vitro*, de *Colletotrichum gloeosporioides*, por meio de COVs. Resultados semelhantes são apresentados por Elbouzaoui et al. (2022), onde setes dos isolados em estudo não foram capazes de inibir o crescimento do patógeno por meio de compostos voláteis, sendo quatro isolados de *Paenibacillus* sp. e três de *B. amyloliquefaciens*. Ling et al. (2022), em seu trabalho seleciona apenas um isolado para estudo com COVs, isto mostra que outras bactérias não foram capazes de produzir estes compostos para inibição do patógeno em estudo. Portanto, a inibição mediada por COVs não é características de todos o *Bacillus* sp., e quando a capacidade é confirmada, a mesma não se estende a todos os fungos.

Dos Santos et al. (2023), demonstrou que diferentes isolados *Bacillus* sp. podem ou não produzir o mesmo composto volátil, e que o composto pode ou não estar relacionado ao controle do patógeno. Neste mesmo estudo, foi comprovado que a interação entre o fungo (*Sclerotinia sclerotiorum*) e a bactéria intensifica a produção de compostos. Cavalcanti et al. (2020) relata que COVs de *B. acidiceler* CCMA0057 possui baixa capacidade na inibição do crescimento micelial de *S. sclerotiorum*. Rahman et al. (2016), obteve diferentes resultados na supressão do crescimento deste fungo, por meio de COVs produzidos por oitos isolados de *Bacillus* spp. Assim, é possível supor que a produção do composto e seus efeitos é uma característica individual de microrganismo, podendo ser intensificada na presença de outro organismo.

Outro fato que está ligado a produção destes compostos, é o meio de crescimento da bactéria. Huang et al. (2018) apresentam que a quantidade de composto volátil produzido por *Bacillus mycoides* e a atividade antagonista contra o patógeno, pode variar a depender do meio de cultura. Gotor-Vila et al. (2017) obtiveram diferentes resultados na inibição de três

patógenos, utilizando três meios de cultura, para o mesmo isolado de *B. amyloliquefaciens*. Assim podemos supor duas hipóteses para o resultado deste estudo com COVs, I nenhum dos seis isolado em estudo possui a capacidade de produção de COVs que inibam o crescimento da *S. sclerotiorum*, que é mais provável, II que o meio utilizado não é capaz de fornecer o necessário para a bactéria produzir estes COVs. Portanto, estudos com diferentes meios de crescimento, genoma para identificação de genes de capacidade de produção de COVs, são necessários para melhor entendimento de tal característica.

A degradação do escleródio por bactéria já foi observada por pesquisadores décadas antes (Cook et al., 1975). Os *Bacillus* sp. e *Paenibacillus* sp. foram reportados com esta capacidade (KAMAL et al. 2015, ONARAN e YANAR 2011), porém neste estudo nenhum dos isolados foram capazes de inviabilizar os escleródios. Podemos observar apenas que na presença das bactérias o escleródio não consegue germinar. Isso dar devido ao fato de que as bactérias possuem crescimento mais rápido que a germinação dos escleródios. Ao crescer as bactérias competem por espaço e ambiente, inibindo a germinação dos escleródios. Rodrigues et al. (2025) apresenta que isolado de *Bacillus* sp. tem efeito inibitório contra escleródio deste patógeno. Em resultados obtidos por Monteiro et al. (2013) *Bacillus subtilis* foi capaz de colonizar e inibir a germinação de escleródios. Harvey et al. (1994) reportaram bactérias presentes em escleródios viáveis e não viáveis, não germinados.

Em relação a taxonomia das linhagens, houve divergência entre o isolado 17AN673, pois é colocada em dois clados de diferentes espécies, *B. subtilis* e *amyloliquefaciens*. Segundo Maughan e Auwera (2011) a taxonomia baseada em 16S rDNA sofre a desvantagem de que a ecologia não informa as designações de espécies e os valores de corte são essencialmente arbitrários.

Este estudo identifica que os isolados possuem ação antagonista contra os três fungos fitopatogênicos, *Fusarium oxysporum*, *Macrophomina phaseolina* e *Rhizoctonia solani*. O que corrobora resultados apresentados por outros estudos, com *B. siamensis* (HE et al., 2023, MANIKANDAN et al. 2022, THAMPIBAN-UDOM et al. 2018), *B. subtilis* (HAN et. 2021, MANIKANDAN et al. 2022, ALfIKY et al. 2022), *B. amyloliquefaciens* (TIAN et al. 2021, RANGEL-MONTOYA et al. 2022, PUCHE et al., 2025) *B. methylotrophicus* (CHENG et al., 2019, VARMA et al., 2017) e *P. polymyxa* (RAZA et al., 2009, AKHTAR e SiddiqUI 2007, CHÁVEZ-RAMÍREZ et al. 2020). Autores relata que o antagonismo ocorre pelos mecanismos de competição e antibiose, por meio da produção de metabolitos antifúngicos (THAMPIBAN-UDOM et al. 2018, TIAN et al. 2021, PUCHE et al. 2025, CHÁVEZ-RAMÍREZ et al. 2020).

O isolado GN01 *B. methylotrophicus* diminuiu a incidência da doença causada por *S. sclerotiorum* em solo infestado, com aumento no número de plântulas emergidas e diminuição na incidência da doença. O que corrobora os resultados de Sabaté et al. (2018), onde *Bacillus* sp. em tratamento de semente de feijão branco foram capazes de aumentar a germinação em 22,8% a mais que o controle e de reduzir a incidência de doença de 80% (Controle) para até 50%, em solo infestado com 15 dias de cultivo. Villarreal-Delgado et al. (2021) mostram que *Bacillus* sp. foi capaz de inibir o crescimento e infecção de *S. sclerotiorum* em plântulas de feijoeiro, com sementes coinoculados com ambos microrganismos. Neste mesmo estudo, Villarreal-Delgado et al. (2021) mostram que o isolado em estudo possui a capacidade de produzir a enzimas degradantes da parede celular de fitopatógenos proteases e celulasas. O que reforça a hipótese de que os isolados em estudo possuem a capacidade de produzir substâncias antifúngicas. Isolados de *Bacillus* sp. foram capazes de aumentarem a germinação de sementes algodão com substrato infestado com *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* (Montalvão et al. 2021).

Todos os isolados de *Bacillus* sp. reduziram a incidência da doença em folha destacada. Ayaz et al. (2024) em seu estudo, mostraram que o isolado de *B. subtilis* reduziu o diâmetro da lesão em folha destacada em 50%. Estes resultados também corroboram o de Rahman et al. (2016) em folhas destacadas de mostarda, onde a aplicação de *Bacillus* sp. reduziu a severidade da doença. A aplicação de suspensões bacterianas em folha destacadas retarda a infecção de *S. sclerotiorum* por certo tempo (RAHMAN et al., 2016).

A velocidade de emergência de plântulas foi promovida por cinco isolados em estudo. Resultado semelhante foi obtido por Ayaz et al. (2024), onde sementes de soja tratadas com *B. subtilis* apresentaram maior germinação de sementes e maior massa e comprimento de plântulas. Isolados de *Paenibacillus* sp. foram capazes de estimular a germinação de sementes por meio da produção do Ácido Indolacético (AIA) (ALI et al. 2021). Sabaté et al. (2018) também mostraram que isolados de *Bacillus* sp. aumentaram a germinação e promoção de crescimento em feijão em tratamento de sementes. Em seu estudo Rahman et al. (2016), sementes de mostarda tratadas com *Bacillus* sp. apresentam 30,2% a mais de germinação e 87,2% a mais de vigor. A expressão gênica relacionada a síntese de ácido giberélico e alterações hormonais aumentaram consideravelmente em plantas tratadas com *Bacillus* sp. (Qin, 2021). O ácido giberélico é responsável pela germinação de sementes (TAIZ e ZEIGER 2004). Com isso podemos levantar a hipótese que os isolados em estudo podem sintetizar de ácido giberélico.

O *Paenibacillus polymyxa* foi capaz de promover o ganho na massa seca do sistema radicular. Ali et al. (2021) relataram que isolados de *P. polymyxa* são capazes de produzir Ácido Indolacético, e em análise do genoma foi constatado a presença do gene ipdC que codifica a enzima chave para a produção de AIA. Além do AIA, Khan et al. (2020) apresentaram e seu estudo outras características *P. polymyxa* na promoção de crescimento vegetal como, produção de ácidos orgânicos, ACC deaminase, siderófilos e fixação de nitrogênio.

Este microrganismo é capaz de promover o crescimento em outras espécies vegetal. O uso de *P. polymyxa* pode aumentar comprimento e massa de plantas de trigo (*Triticum aestivum* L.) (HUSSAIN et al., 2020), ganho de massa de parte aérea e raiz e massa total de plantas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) (RODRIGUES et al. 2012, COSTA et al. 2013), massa de parte aérea e comprimento de planta e raiz de *Lilium lancifolium* (KHAN et al., 2020) em ação com fertilizantes orgânicos foi capaz de promover crescimento vegetal de nabo (*Brassica rapa* var. *chinensis*) (BARZALLO et al. 2025).

6. CONCLUSÃO

Das 63 cepas, seis apresentaram capacidade de inibir o crescimento micelial da *S. sclerotiorum* *in vitro*, esporulação em meio líquido e produção de composto termooestáveis inibitórios. Também são capazes de inibir, *in vitro*, o crescimento micelial de outros três patógenos *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, *Macrophomina phaseolina* e *Rhizoctonia solani*.

B. methylotrophicus GN01 no tratamento de semente aumenta o número de plantas emergidas e diminui a incidência da doença em solo infestado com o patógeno, sendo eficiente no biocontrole do *Sclerotinia sclerotiorum*. As cepas de *Bacillus* sp. 17AN673, GN01, GN120, GA157 e GA163, são eficientes no controle da doença em folha destacada, reduzindo a infecção e colonização do patógeno.

As cepas 17AN673, GN01, GN120, GA155 e GA163 apresentam maior velocidade de emergência de plântulas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). O *Paenibacillus polymyxa* GA155 promove o crescimento do sistema radicular da planta de feijoeiro, no estágio inicial da cultura.

REFERÊNCIAS

- ABDEL GALIL, S. A., KADDAH, M. M. Y., DUAB, M. E. A., ABO-ZAID, G. A. A sustainable and effective bioprocessing approach for improvement of acid phosphatase production and rock phosphate solubilization by *Bacillus haynesii* strain ACP1. **Science Reports**, vol. 12, nº 8926, 2022.
- ABDEL-MONAIM, M. F. Integrated management of damping-off, root and/or stem rot diseases of chickpea and efficacy of the suggested formula. **Notulae Scientia Biologicae**, vol.3(3), pag.80–88, 2011.
- ABDULLAH, M. T., ALI, N. Y., SULEMAN, P. Biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary with *Trichoderma harzianum* and *Bacillus amyloliquefaciens*. **Crop Protection** vol. 27 pag. 1354– 1359, 2008.
- ABREU, L. DE P. S., MARTINAZZO, A. N., TEODORO, C. E. DE S. BERBERT, P. A. Alternativa Sustentavel de uso de *Bacillus amyloliquefaciens* no biocontrole de fungo fitopatogênicos: Uma Revisão. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, vol. 16, n. 1, pag. 01-15, 2022.
- ADAMS, P. B.; AYERS, W. A. Ecology of *Sclerotinia* species. **Phytopathology** vol. 69 n 8, pag. 879, 1979.
- AHMED, E.; HOLMSTRÖM, S. J. M. Siderophores in environmental research: Roles and applications. **Microbiology Biotechnology**, vol. 7, pag.196–208, 2014.
- AKHTAR, M. S., SIDDIQUI, Z. A. Biocontrol of a chickpea root-rot disease complex with *Glomus intraradices*, *Pseudomonas putida* and *Paenibacillus polymyxa*. **Australasian Plant Pathology** vol.36, pag.175–180, 2007.
- AL-ASKAR, A., AL-OTIBI, F., ABO-ZAID, G. A., ABDELKHALEK, A. Optimizing the batch fermentation process (agitation and aeration) of the biocontrol agent, *Bacillus velezensis* strain KSAM1, and its influence on soilborne fungus, *Macrophomina phaseolina*. **Journal of King Saud University–Science**, vol. 37, 2024. doi:10.25259/JKSUS_117_2024.
- ALFIKY, A., L'HARIDON, F., ABOU-MANSOUR, E., WEISSKOPF, L. Disease inhibiting effect of strain *Bacillus subtilis* EG21 and its metabolites against potato pathogens *Phytophthora infestans* and *Rhizoctonia solani*. **Phytopathology**, vol.112 (10), pag.2099-2109, 2022.

- ALI, M. A., LOU, Y., HAFEEZ, R., LI, X., HOSSAIN, A., XIE, T., LIN, L., LI, B., YIN, Y., YAN, J. AN, Q. Functional analysis and genome mining reveal high potential of biocontrol and plant growth promotion in nodule-inhabiting bacteria within *Paenibacillus polymyxa* complex. **Frontiers in microbiology**, 11, 618601, 2021.
- ARAÚJO, B. DE A.; QUEIROZ, T. F. G.; TORRES, W. L. V.; MOREIRA, F. J. C. Veranicos na produtividade de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) no município de Crateús, Ceará. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 14, n. 2, p. 312-316, 2019.
- AULAKH, S. K., BUTTAR, D. S., CHOUDHARY, A. K., ATRI, A. BRAR, G. S. *Bacillus siamensis* strain B9 suppresses *Sclerotinia* stem rot in Egyptian clover. **BioControl**, 2025. <https://doi.org/10.1007/s10526-025-10314-4>.
- AYAZ, M., ALI, Q., FARZAND, A., KHAN, A. R., LING, H., GAO, X. Nematicidal volatiles from *Bacillus atrophaeus* GBSC56 promote growth and stimulate induced systemic resistance in tomato against *Meloidogyne incognita*. **International Journal of Molecular Sciences**, vol. 22(9), 5049, 2021.
- AYAZ, M., ALI, Q., JIANG, Q., WANG, R., WANG, Z., MU, G., KHAN, S. A., KHAN, A. R., MANGHWAR, H., WU, H., GAO, X., GU, Q. Salt tolerant *Bacillus* strains improve plant growth traits and regulation of phytohormones in wheat under salinity stress. **Plants**, vol. 11 Issue 20, 2769, 2022.
- AYAZ, M., ALI, Q., ZHAO, W., CHI1, Y., ALI, F., RASHID, K. A., CAO, S., HE, Y. Exploring plant growth promoting traits and biocontrol potential of new isolated *Bacillus subtilis* BS-2301 strain in suppressing *Sclerotinia sclerotiorum* through various mechanisms. **Frontiers in Plant Science**. vol. 15, 2024.
- AZEEM, M., HAIDER, M. Z., JAVED, S., SALEEM, M. H., ALATAWI, A. Drought stress amelioration in maize (*Zea mays* L.) by inoculation of *Bacillus* spp. strains under sterile soil conditions. **Agriculture**, vol.12(1), 50, 2022.
- BARZALLO, D., LAZO, R., YUGSAN, F. J., SEVILLA, J. D. Enhancing turnip cultivation with plant growth-promoting bacteria in organic fertilizer. **Revista Caatinga**, vol.38, e12843, 2025.
- BERRY, C., FERNANDO, W. D., LOEWEN, P. C., e DE KIEVIT, T. R. Lipopeptides are essential for *Pseudomonas* sp. DF41 biocontrol of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Biological control**. vol. 55(3), pag.211-218, 2010.

- BIANCHINI, A., MARINGONI, A. C., CARNEIRO. Doenças do Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). In: **Manual da Fitopatologia. Volume 2: Doenças das Plantas Cultivadas**. 3º Ed. KIMATI, H., BERGAMIN FILHO, A. CAMARGO, L. E. A., REZENDE, J. A. M. São Paulo, Agronômica Ceres. Pagina 370, 1997.
- BIERMANN, R., BEUTEL, S. Endospore production of *Bacillus* spp. for industrial use. **Engineering in Life Sciences**. 2023
- BIST, V., ANAND, V., SRIVASTAVA, S., KAUR, J., NASEEM, M., MISHRA, S., SRIVASTAVA, P. K., TRIPATHI, R. D. SRIVASTAVA, S. Alleviative mechanisms of silicon solubilizing *Bacillus amyloliquefaciens* mediated diminution of arsenic toxicity in rice. **Journal of Hazardous Materials**, vol. 428, 128170, 2022.
- BOLAND, G. J.; HALL, B. Index of plant hosts of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Canadian Journal of Plant Pathology**, 16:2, 93-108, 1994. DOI: 10.1080/07060669409500766. BOLTON, M. D., THOMMA, B. P. H. J., NELSON, B. D. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. **Molecular Plant Pathology**. vol.7(1), pag.1–16, 2006.
- BRANDÃO, R. S., PRADO, T. D. S., & LOBO JÚNIOR, M. Inibição da germinação carpogênica de *Sclerotinia sclerotiorum* em solos sob integração lavoura-pecuária com *Brachiaria ruziziensis*. In: **CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 9**, 2008, Campinas. Ciência e tecnologia na cadeia produtiva do feijão. Campinas: Instituto Agrônômico, Pag.928-931 2008.
- CAFÉ FILHO, A. C. Alerta aos produtores de ervilha: Podridão de Sclerotinia. **Horticultura Brasileira**, vol 3: n2, 1985.
- ÇAM, S., KÜÇÜK, Ç., ALMACA, A. *Bacillus* strains exhibit various plant growth promoting traits and their biofilm-forming capability correlates to their salt stress alleviation effect on maize seedlings. **Journal of Biotechnology**, vol. 369, pag. 35-42, 2023.
- CAMOCHENA, R. C.; STEILMANN, P.; SANTOS, I.; DALLEMOLE-GIARETTA, R.; OLIVEIRA, M. C. Ação de fosfitos de potássio no manejo de mofo branco em soja. **Summa Phytopathologica**, vol. 46, n.2, pag.260-266, 2020.
- CANO, R., BORUCKI, M. K. Revival and identification of bacterial spores in 25 to 40million yearold Dominican amber. **Science**, vol. 268, pag. 1060-1065, 1995.

CAO, S., JIANG, B., YANG, G., PAN, G., PAN, Y., CHEN, F., GAO, Z., DAI, Y. Isolation and evaluation of *Bacillus subtilis* RSS-1 as a potential biocontrol agent against *Sclerotinia sclerotiorum* on oilseed rape. **European Journal of Plant Pathology**, vol. 166, pag. 9–25, 2023.

CARBONE, T. A.; GARCIA, D. S. S. A produção sustentável de alimentos no contexto da sociedade de risco. **Perspectivas de minimização das desigualdades sociais, de emancipação das minorias e de crescimento econômico pelo acesso a emprego decente mediante reserva de cotas junto aos parceiros contratuais da administração.** p. 5, 2021.

CARDOSO, S. S.; LOPES, M. C.; JÚNIOR, J. F. DA S.; BORGES, B. M. M. N. Eficiência de fungicidas no controle do mofo branco na cultura da soja. **Scientia Agraria Paranaensis**, vol. 14, n. 1, pag 49–52, 2015.

CARNEIRO, F. F., SANTOS, J. B. DOS., GONÇALVES, P. R. C., ANTONIO, R. P., & SOUZA, T. P. DE. Genetics of common bean resistance to white mold. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 11(2), 165–173, 2011.

CASTILLO, F. D. H., PADILLA, A. M. B., MORALES, G. G., SILLER, M. C., HERRERA, R. R., GONZALES, C. N. A., E REYES, F.C. In vitro antagonist action of *Trichoderma* strains against *Sclerotinia sclerotiorum* and *Sclerotium cepivorum*. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, vol. 6 (3), pag.410-417, 2011.

CAVALCANTI, V. P., ARAÚJO, N. A. F., MACHADO, N. B., JÚNIOR, P. S. P. C., PASQUAL, M., ALVES, E., SCHWAN-ESTRADA, K. R. F., DÓRIA, J. Yeasts and *Bacillus* spp. as potential biocontrol agents of *Sclerotinia sclerotiorum* in garlic. **Scientia Horticulturae**, vol.261, 108931, 2020.

CHAKRABARTY, S., JIN, M., WU, C., CHAKRABORTY, P., XIAO, Y. *Bacillus thuringiensis* vegetative insecticidal protein family Vip3A and mode of action against pest Lepidoptera. **Pest Management Science**, vol. 76, Issue 5, pag.1612–1617, 2020.

CHANDRA, S., CHOURE, K., DUBEY, R. C., MAHESHWARI, D. K. Rhizosphere competent *Mesorhizobium loti* MP6 induces root hair curling, inhibits *Sclerotinia sclerotiorum* and enhances growth of Indian mustard (*Brassica campestris*). **Brazilian Journal of Microbiology**, vol. 38(1), pag.124–130, 2007.

CHANG, Y., DONG, Q., ZHANG, L., GOODWIN, P. H., XU, W., XIA, M., ZHANG, J., SUN, R., WU, C., WU, K., XU, S., YANG, L. Peanut growth promotion and biocontrol of blight by

Sclerotium rolfsii with rhizosphere bacterium, *Bacillus siamensis* YB-1632. **Agronomy**, vol. 15(3), n.568, 2025.

CHARCHAR, M. J. D. A.; DOS ANJOS, J. R. N.; OSSUPI, E. Ocorrência de nova doença do algodoeiro irrigado, no Brasil, causada por *Sclerotinia sclerotiorum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, vol. 34, n.6, pag.1101-1106, 1999.

CHÁVEZ-RAMÍREZ, B., KERBER-DÍAZ, J. C., ACOLTZI-CONDE, M. C., IBARRA, J. A., VÁSQUEZ-MURRIETA, M. S., ESTRADA-DE LOS SANTOS, P. Inhibition of *Rhizoctonia solani* RhCh-14 and *Pythium ultimum* PyFr-14 by *Paenibacillus polymyxa* NMA1017 and *Burkholderia cenocepacia* CACua-24: A proposal for biocontrol of phytopathogenic fungi. **Microbiological Research**, vol.230, 126347, 2020.

CHEBOTAR, V. K., ZAPLATKIN, A. N., CHIZHEVSKAYA, E. P., GANCHEVA, M. S., VOSHOL, G. P., MALFANOVA, N. V., BAGANOVA, M. E., KHOMYAKOV, Y. V., PISHCHIK, V. N. Phytohormone production by the endophyte *Bacillus safensis* TS3 increases plant yield and alleviates salt stress. **Plants**, vol. 13 Issue 1, 75, 2024.

CHEN, Y., GAO, X., CHEN, Y., QIN, H., HUANG, L., HAN, Q. Inhibitory efficacy of endophytic *Bacillus subtilis* EDR4 against *Sclerotinia sclerotiorum* on rapeseed. **Biological Control**, vol. 78, pag. 67-76, 2014.

CHEN, Y., YANG, H., SHEN, Z., YE, J. Whole-genome sequencing and potassium-solubilizing mechanism of *Bacillus aryabhattai* SK1-7. **Frontiers in Microbiology** vol. 12, 722329, 2022.

CHEN, Y., YE, J., KONG, Q. Potassium-solubilizing activity of *Bacillus aryabhattai* SK1-7 and its growth-promoting effect on *Populus alba* L. **Forest**, vol. 11 (12), 1348, 2020.

CHENG, X., JI, X., GE, Y., LI, J., QI, W., QIAO, K. Characterization of antagonistic *Bacillus methylotrophicus* isolated from rhizosphere and its biocontrol effects on maize stalk rot. **Phytopathology**, vol.109(4), pag.571-581, 2019.

CHENG, Y., LOU, H., HE, H., HE, X., WANG, Z., GAO, X., LIU, J. Genomic and biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* using an extracellular extract from *Bacillus velezensis* 20507. **Frontiers in Microbiology**, 15, 1385067, 2024.

COOK, G. E., STEADMAN, J. R., BOOSALIS, M. G. Survival of *Whetzelinia sclerotiorum* and initial infection of dry ediblebeans in western Nebraska. **Phytopathology**, vol.65, pag. 250–255, 1975.

- CORKLEY, I., FRAAIJE, B., HAWKINS, N. Fungicide resistance management: Maximizing the effective life of plant protection products. **Plant Pathology**, vol.71(1), pag.150-169, 2022.
- COSTA, A. F. DA.; COELHO NETTO, R. A.; FERRAZ, L. Ocorrência de doenças em amendoim no estado de Pernambuco. **Fitopatologia Brasileira** vol. 14 n° 2, pag.127, 1989.
- COSTA, E. M. DA., NÓBREGA, R. S. A., CARVALHO, F. DE., TROCHMANN, A., FERREIRA, L. DE V. M., MOREIRA, F. M. DE S. Promoção do crescimento vegetal e diversidade genética de bactérias isoladas de nódulos de feijão-caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol. 48(9), pag. 1275–1284, 2013.
- COSTA, L., MORANDI, M., & da SILVA, C. E. O. Inibição do crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum* por filtrados de *Trichoderma* sp. e *Clonostachys rosea*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 35, fev. 2009. Suplemento. Edição dos Resumos do XXXII Congresso Paulista de Fitopatologia; IV Reunião Brasileira sobre Indução de Resistência em Plantas a Patógenos, São Pedro, Resumo 098, 2009.
- DA SILVA, A. F. C. Pragas, patógenos e plantas na história dos sistemas agroecológicos. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, 17(1), e20210023, 2022.
- DA SILVA, A. V. R., DA SILVA, T. P., MORANDI, M., BETTIOL, W., e MASCARIN, G. (2021). Fermentação líquida de *Clonostachys rosea* e bioeficácia contra *Sclerotinia sclerotiorum*. In: **CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**, 15., Campinas: Instituto de Zootecnia, 2021. Evento online. CIIC 2021.
- DE ALMEIDA, E. M.; DE ALMEIDA, R. G.; MIYAGI, E. S.; DE FREITAS, P. V. D. X.; RIBEIRO, F. M.; FERNANDES, P. B.; GARCIA, M DA C. Sistemas silvipastoris: uma abordagem sobre a interação dos componentes bióticos e abióticos. **Revista Científica Rural**, Bagé-RS, vol. 21, nº2, 2019.
- DE MELO, T. A., DE SOUZA SERRA, I. M. R. O gênero *Bacillus* aplicado ao controle biológico de doenças de plantas. **Research, Society and Development**, 10(9), e18110917817-e18110917817, 2021.
- DESHWAL, V. K. *Pseudomonas aeruginosa* as biological control agent against plant pathogenic fungus *Sclerotinia sclerotiorum*. **International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences**, vol. 2 (1), pag. 14-17, 2012.
- DIMKIĆ, I., ŽIVKOVIĆ, S., BERIĆ, T., IVANOVIĆ, Ž., GAVRILOVIĆ, V., STANKOVIĆ, S., FIRA, D. Characterization and evaluation of two *Bacillus* strains, SS-12.6 and SS-13.1, as

potential agents for the control of phytopathogenic bacteria and fungi. **Biological Control**, vol. 65 (3), pag. 312-321, 2013.

DIMOPOULOU A, THEOLOGIDIS I, BENAKI D, KOUKOUNIA M, ZERVAKOU A, TZIMA A, DIALLINAS G, HATZINIKOLAOU DG, SKANDALIS N. Direct Antibiotic activity of bacillibactin broadens the biocontrol range of *Bacillus amyloliquefaciens* MBI600. **MSphere**, vol. 6 Issue 4, 10.1128, 2021.

DOBRZYŃSKI J, NAZIĘBŁO A. *Paenibacillus* as a biocontrol agent for fungal phytopathogens: Is *P. polymyxa* the only one worth attention? **Microbial Ecology**. vol 31; 87(1) n°134, 2024.

DOS SANTOS, J. B., DE OLIVEIRA CRUZ, J., GERALDO, L. C., DIAS, E. G., QUEIROZ, P. R. M., MONNERAT, R. G., BORGES, M., BLASIOLI-MORAES, M. C., BLUM, L. E. B. Detection and evaluation of volatile and non-volatile antifungal compounds produced by *Bacillus* spp. strains. **Microbiological Research**, 275, 127465, 2023.

DUARTE, R. T., BORTOLI, S. A. DE, POLANCZYK, R. A. Eficiência de *Bacillus thuringiensis* no controle de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) e compatibilidade com inseticidas. **Diversitas Journal**, vol. 6 n.3, pag. 2969–2983, 2021.

EHLING-SCHULZ, M., LERECLUS, D., KOEHLER, T. M. The *Bacillus cereus* grup: *Bacillus* species with pathogenic potencial. **Microbiology Sprectrum**. vol. 7 Issue 3, 2019.

ELBOUAZAOUIA, A., SIJILMASSIC, B., MAAFAB, I., ALLAL, D., AHMED, S. Biocontrol activity of *Bacillus*, *Paenibacillus* and *Pseudomonas* against Fusarium wilt of chickpea in Morocco. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B- Soil E Plant Science**, vol. 72, n. 1, pag. 847–859, 2022.

EL-GALI, I. Z. Evaluation of some plant extracts and powders in control of bean damping-off by *Sclerotinia sclerotiorum*. **Agriculture and Food Sciences Research**, vol.5(1), pag.47–51, 2018.

ELISASHVILI, V., KACHLISHVILI, E. & CHIKINDAS, M.L. Recent advances in the physiology of spore formation for *Bacillus* probiotic production. **Probiotics e Antimicrobial Proteins**. 11, pag. 731–747, 2019.

ELSHARKAWY, M. M., ALMASOUD, M., ALSULAIMAN, Y. M., BAESHEN, R. S., ELSHAZLY, H., KADI, R. H., HASSAN, M. M., & SHAWER, R. Efficiency of *Bacillus*

thuringiensis and *Bacillus cereus* against *Rhynchophorus ferrugineus*. **Insects**, vol. 13 n. 10, 905, 2022.

ETHUR, L. Z., COPATTI, A. S., FIPKE, G. M., CALVANO, C. C. A., e PAZINI, J. DE B. Micobiota parasitária de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* isolada de solos da fronteira oeste do Rio Grande do Sul. **Arquivos Do Instituto Biológico**, São Paulo vol. 81(1), pag. 62–67, 2014.

FARZAND, A., MOOSA, A., ZUBAIR, M., KHAN, A. R., HANIF, A., TAHIR, H. A. S., GAO, X. Marker assisted detection and LC-MS analysis of antimicrobial compounds in different *Bacillus* strains and their antifungal effect on *Sclerotinia sclerotiorum*. **Biological Control**, vol. 133, pag.91-102, 2019.

FARZAND, A.; MOOSA, A.; ZUBAIR, M.; KHAN, A.R.; MASSAWE, V.C.; TAHIR, H.A.S.; SHEIKH, T.M.M.; AYAZ, M.; GAO, X. Suppression of *Sclerotinia sclerotiorum* by the induction of systemic resistance and regulation of antioxidant pathways in tomato using fengycin produced by *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42. **Biomolecules**, vol. 9, 613, 2019.

FATOUROS, G., GKIZI, D., FRAGKOGEORGI, G. A., PAPLOMATAS, E. J. AND S. E. TJAMOS. Biological control of *Pythium*, *Rhizoctonia* and *Sclerotinia* in lettuce: association of the plant protective activity of the bacterium *Paenibacillus alvei* K165 with the induction of systemic resistance. **Plant Pathology** vol. 67, pag. 418–425, 2018.

FELLER, L. A., CORRÊA, J. V. W., LEITE, C. D., SANTOS, L. A., FARIA, C. M. D. R., & MENDES, M. C. Management of white mold of soybean using winter cereal straw. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.51:2, e20190476, 2021.

FERNANDO, W. G. D., NAKKEERAN, S. ZHANG, Y., SAVCHUK, S. Biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary by *Pseudomonas* and *Bacillus* species on canola petals. **Crop Protection**, v. 26, pag. 100-107, 2007.

FERRAZ, L. C. L., CAFÉ FILHO, A. C., NASSER, L. C. B., AZEVEDO, J. Effects of soil moisture, organic matter and grass mulching on the carpogenic germination of sclerotia and infection of bean by *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Pathology**, vol.48, pag.77–82, 1999.

FERREIRA, L. P.; LEHMAN, P. S.; ALMEIDA, Á. M.R. **Doenças da soja no Brasil**. Pag. 25-26. Londrina, PR, EMBRAPA-CNPSo, 1979.

FIGUEREDO, M. S., ÁLAMO, T., TONELLI, M. L., FABRA, A. The native strain *Paenibacillus* sp. A224 induces systemic tolerance and mitigates stresses caused in peanut

plants by high temperatures and the pathogen *Sclerotium rolfsii*. **Plant Soil**, vol. 486, pag. 375–390, 2023. <https://doi.org/10.1007/s 11104-023-05876-0>.

FITZHENRY, K., ROWAN, N., Del RIO, A. V., CREMILLIEUX, A., CLIFFORD, E. Inactivation efficiency of *Bacillus* endospores via modified flow-through PUV treatment with comparison to conventional LPUV treatment. **Journal of Water Process Engineering**, vol.27, pag.67-76, 2019.

FUGA, C. A. G.; LOPES, E. A.; VIEIRA, B. S.; DA CUNHA, W. V. Efficiency and compatibility of *Trichoderma* spp. and *Bacillus* spp. isolates on the inhibition of *Sclerotium cepivorum*. **Científica, Dracena, SP**, v. 44, n. 4, p. 526–531, 2016.

GABARDO, G. PRIA, M. D. PRESTES, A. M. C. DA SILVA, H. L. *Trichoderma asperellum* e *Bacillus subtilis* como antagonistas no crescimento de fungos fitopatogênicos in vitro. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, vol. 6, n.8, pag. 55870-55885, 2020.

GARCIA, R. A., JULIATTI, F. C. Avaliação da resistência da soja a *Sclerotinia sclerotiorum* em diferentes estádios fenológicos e períodos de exposição ao inóculo. **Tropical Plant Pathology** vol.37 (3), 2012.

GARCIA, R. A.; JULIATTI, F. C.; CASSEMIRO, T. A. Produção de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Barry em meio de cultura. **Bioscience Journal**. v. 28, n. 1, p. 1-7, 2012.

GARCIA, S. D., DE LARA, T. I. D. C. O impacto do uso dos agrotóxicos na saúde pública: revisão de literatura. **Saúde e Desenvolvimento Humano**, vol. 8(1), pag.85-96, 2020.

GAUVRY, E., MATHOT, A. G., COUVERT, O., LEGUÉRINEL, I., COROLLER, L. Effects of temperature, pH and water activity on the growth and the sporulation abilities of *Bacillus subtilis* BSB1. **International Journal of Food Microbiology**, vol.337, 108915, 2021.

GERALDINE, A. M. FABYANO ALVARES CARDOSO LOPES, F. A. C, CARVALHO, D. D. C., BARBOSA, E. T., RODRIGUES, A. R., BRANDÃO, R. S. ULHOA, C. J. LOBO JUNIOR, M. Cell wall-degrading enzymes and parasitism of sclerotia are key factors on field biocontrol of white mold by *Trichoderma* spp. **Biological Control**, v.67 (3), pag. 308-316, 2013.

GODOY, M., CASTAÑO, F., RÉ, J., RODRIGUEZ, R. *Sclerotinia* resistance in sunflower: I. Genotypic variations of hybrids in three environments of Argentina. **Euphytica**, vol.145, pag.147–154 2005.

GOMES, D. P.; BRIRIGEL, J. M. M.; MORAES, M. F. H.; KRONKA, A. Z.; SILVA, G. C.; LEITE, R.; M.V.B.C. Sanidade de sementes de girassol provenientes de ensaios da Embrapa soja no estado do Maranhão. In: **Reunião Nacional de Pesquisa de Girassol**. EMPRABA, Londrina PR, 2005.

GORGEN, C. A., CIVARDI, E., PERRETO, E., CARNEIRO L. C., SILVEIRA NETO, A. N. RAGAGNIN, V. LOBO JUNIOR, M. Controle do mofo-branco com palhada e *Trichoderma harzianum* 1306 em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, vol.44, n.12, p.1583-1590, 2008.

GÖRGEN, C., LOBO JUNIOR, M., CARNEIRO, L., GONTIJO, G. D. A., PIMENTA, G., & SILVEIRA NETO, A. N. Manejo integrado de *Sclerotinia sclerotiorum* na cultura da soja. In: **CONGRESSO DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO**, 4., 2007, Goiânia. Ciência, educação e compromisso social: anais... Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2007.

GOSWAMI, M., DEKA, S. Isolation of a novel rhizobacteria having multiple plant growth promoting traits and antifungal activity against certain phytopathogens. **Microbiological Research**. Vol. 230, 126516, 2020.

GOTOR-VILA, A., TEIXIDÓ, N., DI FRANCESCO, A., USALL, J., UGOLINI, L., TORRES, R., MARI, M. Antifungal effect of volatile organic compounds produced by *Bacillus amyloliquefaciens* CPA-8 against fruit pathogen decays of cherry. **Food Microbiology**, vol. 64, pag.219-225, 2017.

GOWTHAM, H. G., SINGH, B., MURALI, M., SHILPA, N., PRASAD, M., AIYAZ, M., AMRUTHESH, K. N., NIRANJANA, S. R. Induction of drought tolerance in tomato upon the application of ACC deaminase producing plant growth promoting rhizobacterium *Bacillus subtilis* Rhizo SF 48. **Microbiological Research**, vol. 234, 126422, 2020.

HADDAD, P. E., LEITE, L. G. LUCON, C. M. M., HARAKAVA, R. Selection of *Trichoderma* spp. strains for the control of *Sclerotinia sclerotiorum* in soybean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.52, n.12, p.1140-1148, 2017.

DHAMI N. K.; REDDY M. S.; MURKHERJEE A. Biomineralization of calcium carbonate polymorphs by the bacterial strains isolated from calcareous sites. **Journal Microbiol Biotechnol**, vol. 23, pag. 707-714, 2013.

HARWOOD, C. R. **Bacillus**. The university of Newcastle, 1989. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-br&lr=&id=aBubVRdBqnkC&oi=fnd&pg=PR7&dq=bacillus&>

- HAMMAMI, I., HSOUNA, A. B., HAMDI, N., GDOURA, R., TRIKI, M. A. Isolation and characterization of rhizosphere bacteria for the biocontrol of the damping-off disease of tomatoes in Tunisia. **Comptes Rendus. Biologies**, vol.336(11-12), pag.557-564, 2013.
- HAN S, CHEN J, ZHAO Y, CAI H, GUO C. *Bacillus subtilis* HSY21 can reduce soybean root rot and inhibit the expression of genes related to the pathogenicity of *Fusarium oxysporum*. **Pesticide Biochemistry Physiology**. vol. 178, 104916, 2021.
- HAN, V., MICHAEL, P. J. SWIFT, B., BENNETT, S. J. Biological control of *Sclerotinia sclerotiorum*: Modes of action of biocontrol agents, soil organic amendments, and soil microbiome manipulation. **Biological Control**, n° 186, 105346, 2023.
- HARIKRISHNAN R., DEL RÍO L. E. Influence of temperature, relative humidity, ascospore concentration, and length of drying of colonized dry bean flowers on white mold development. **Plant Disease**. vol. 90 n° 7, 2006.
- HAROON, U., MUNIS, M.F.H., LIAQUAT, F., KHIZAR, M., ELAHI, M., CHAUDHARY, H. J. Biofilm formation and flocculation potential analysis of halotolerant *Bacillus tequilensis* and its inoculation in soil to mitigate salinity stress of chickpea. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, vol. 29, pag. 277–288, 2023.
- HARVEY, I. C., FOLEY, L. M., SAVILLE, D. J. Survival and germination of shallow-buried sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum* in pastures in Canterbury. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, vol. 38(2), pag. 279–284, 1995. <https://doi.org/10.1080/00288233.1995.9513127>.
- HAWTHORNE, B. T. *Sclerotinia minor* on lettuce: Effect of plant growth on susceptibility to infection, **New Zealand Journal of Agricultural Research**, vol.17:3, pag.387-392, 1974
- HE, C. N., YE, W. Q., ZHU, Y. Y., ZHOU, W. W. Antifungal activity of volatile organic compounds produced by *Bacillus methylotrophicus* and *Bacillus thuringiensis* against five common spoilage fungi on loquats. **Molecules**, vol. 25(15), n°. 3360, 2020.
- HE, H., ZHAI, Q., TANG, Y., GU, X., PAN, H., ZHANG, H. Effective biocontrol of soybean root rot by a novel bacterial strain *Bacillus siamensis* HT1. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, 125, 101984, 2023.
- HIDAYAH, B. N., KHANGURA, R., DELL, B. Biological control potential of trichoderma species and bacterial antagonists against *Sclerotinia sclerotiorum* on canola in Western Australia. **International Journal of Agriculture and Biology**, vol. 27(3), pag. 215–227, 2022.

- HIMS, M.J. (1979), Damping-off of *Brassica napus* ('mustard and cress') by *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Pathology**, v.28, pag.201-202, 1979. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1979.tb01130.x>.
- HU, J., DONG, B. WANG, D., MENG, H., LI, X. ZHOU H. Genomic and metabolic features of *Bacillus cereus*, inhibiting the growth of *Sclerotinia sclerotiorum* by synthesizing secondary metabolites. **Archives of Microbiology**, vol. 205:8, 2023.
- HU, X., ROBERTS, D. P., XIE, L., MAUL, J. E., YU, C., LI, Y., SHANG, S. LIAO, X. *Bacillus megaterium* A6 suppresses *Sclerotinia sclerotiorum* on oilseed rape in the field and promotes oilseed rape growth. **Crop Protection**, vol. 52, pag. 151-158, 2013.
- HUANG J. S., PENG Y. H., CHUNG K. R., HUANG J. W. Suppressive efficacy of volatile compounds produced by *Bacillus mycoides* on damping-off pathogens of cabbage seedlings. **The Journal of Agricultural Science**, vol. 156(6), pag. 795-809, 2018.
- HUSSAIN, A., AHMAD, M., NAFEES, M., IQBAL, Z., LUQMAN, M., JAMIL, M., MAQSOOD, A., MORA-POBLETE, F., AHMAR, S., CHEN, J., ALYEMENI, M. N., AHMAD, P. Plant-growth-promoting *Bacillus* and *Paenibacillus* species improve the nutritional status of *Triticum aestivum* L. **Plos One**, vol.15 (12): e0241130, 2020.
- IJAZ, A., MUMTAZ, M. Z., WANG, X., AHMAD, M., SAQIB, M., MAQBOOL, H., ZAHEER, A., WANG, W., MUSTAFA, A. Insights into manganese solubilizing *Bacillus* spp. for improving plant growth and manganese uptake in maize. **Frontiers in plant science**, vol. 12, 719504, 2021.
- INDEX FUNGORUM 2024. Disponível em: <https://www.indexfungorum.org/names/NamesRecord.asp?RecordID=168084>. Acesso em: 18/01/2024.
- JAVANOVIC, J., ORNELIS, V. F. M., MADDER, A., RAJKOVIC, A. *Bacillus cereus* food intoxication and toxicoinfection. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 20, n. 4, p. 3719-3761, 2021.
- JIANG, S., YAN, F.-F., HU, J.-Y., MOHAMMED, A., CHENG, H.-W. *Bacillus subtilis* based probiotic improves skeletal health and immunity in broiler chickens exposed to heat stress. **Animals**, vol. 11 Issue6, 1494, 2021.
- JONES, E.E., CLARKSON, J.P., MEAD, A., WHIPPS, J.M. Effect of inoculum type and timing of application of *Coniothyrium minitans* on *Sclerotinia sclerotiorum*: influence on apothecial production. **Plant Pathology**, v. 53, pag. 621-628, 2004.

- JONKERS, H. M., THIJSEN, A. MUYZER, G., COPUROGLU. O., SCHLANGEN, E. Application of bacteria as self-healing agent for the development of sustainable concrete. **Ecological Engineering**. vol.36, pag.230-235, 2010.
- JUKES, T. H., CANTOR, C. R. Evolution of protein molecules. **Mammalian Protein Metabolism**, vol.3, pag.21-132, 1969.
- JULIATTI, F. C., DOS SANTOS, J. B., FIGUEIRO, A. A., DOS SANTOS, R. M. *Sclerotinia sclerotiorum* e mofo branco: Estudos básicos e aplicados. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**. pag.159-194, 2015.
- KAMAL, M. M., LINDBECK, K. D., SAVOCCHIA, S., ASH, G. J. Biological control of sclerotinia stem rot of canola using antagonistic bacteria. **Plant Pathology**, vol. 64, Issue 6, pag. 1375-1384, 2015.
- KAMENSKY, M., OVADIS, M., CHET, I., CHERNIN, L. Soil-borne strain IC14 of *Serratia plymuthica* with multiple mechanisms of antifungal activity provides biocontrol of *Botrytis cinerea* and *Sclerotinia sclerotiorum* diseases. **Soil Biology e Biochemistry**, vol. 35, pag. 323–331, 2003.
- KHAN, A. R., MUSTAFA, A., HYDER, S., VALIPOUR, M., RIZVI, Z. F., GONDAL, A. S., YOUSUF, Z., IQBAL, R., DARAZ, U. *Bacillus* spp. as bioagents: Uses and application for sustainable agriculture. *Biology*, vol. 11(12), 1763, 2022.
- KHAN, M. A., HAMAYUN, M., ASAF, S., KHAN, M., YUN, B. W., KANG, S. M., LEE, I. J. Rhizospheric *Bacillus* spp. rescues plant growth under salinity stress via regulating gene expression, endogenous hormones, and antioxidant system of *Oryza sativa* L. **Frontiers in plant science**, 12, 665590, 2021.
- KHAN, MOHAMMAD SAYYAR, GAO, JUNLIAN, CHEN, XUQING, ZHANG, MINGFANG, YANG, FENGPING, DU, YUNPENG, MOE, THE SU, MUNIR, IQBAL, XUE, JING, ZHANG, XIUHAI, Isolation and characterization of plant growth-promoting endophytic bacteria *Paenibacillus polymyxa* SK1 from *Lilium lancifolium*. **BioMed Research International**, 8650957, 17 pages, 2020.
- KIESEWALTER H. T., LOZANO-ANDRADE C. N., WIBOWO M., STRUBE M. L., MARÓTI G., SNYDER D., JØRGENSEN T. S., LARSEN T. O., COOPER V. S, WEBER T, KOVÁCS Á. T. Genomic and chemical diversity of *Bacillus subtilis* secondary metabolites against plant pathogenic fungi. **MSystems**, vol.6 Issue 10. 1128, 2021.

- KIM, H., WEON, H. Y., KIM, W., YOO, K. Identification and characterization of *Paenibacillus polymyxa* DY5 with antifungal activity against crop pathogenic fungi. **The Korean Journal of Mycology**, vol. 37 (2), pag.181–188, 2009.
- KIM, J., LE, K. D., YU, N. H., KIM, J. I., KIM, J. C., LEE, C. W. Structure and antifungal activity of pelgipeptins from *Paenibacillus elgii* against phytopathogenic fungi. **Pesticide biochemistry and physiology**, vol. 163, 154-163, 2020.
- KIM, T. D., BEGYN, K., KHANAL, S., TAGHLAOUI, F., HEYNDRICKX, M., RAJKOVIC, A., DEVLIEGHERE, F., MICHIELS, C., AERTSEN, A. *Bacillus weihenstephanensis* can readily evolve for increased endospore heat resistance without compromising its thermotype. **International journal of food microbiology**, 341, 109072, 2021.
- KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, L.E.A.; REZENDE, J.A.M. **Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas**. Vol. 2., Ceres: São Paulo, p.706, 1997.
- KLAUSMANN, P., HENNEMANN, K., HOFFMANN, M. TREINEN, C., ASCHERN, M., LILGE, L. HERAVI, K. M., HENKEL, M., HAUSMANN, R. *Bacillus subtilis* high cell density fermentation using a sporulation-deficient strain for the production of surfactin. **Applied Microbiology and Biotechnology**, vol. 105, pag. 4141–4151, 2021.
- KOÇAK, R., BOYRAZ, N. Determination of in vitro and in vivo efficacy of some bacterial antagonists against *Sclerotinia sclerotiorum* (lib.) de Bary in sunflowers. **Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi**, vol.21(2), pag. 362-374, 2024.
- KOHLI Y., MORRALL R. A. A., ANDERSON J. B., KOHN L. M. Local and trans-Canadian clonal distribution of *Sclerotinia sclerotiorum* on canola. **Phytopathology** 82, 875–80, 1992.
- KUEBUTORNYE, F. K. A., ABARIKE, E. D., LU, Y. A review on the application of *Bacillus* as probiotics in aquaculture. **Fish and Shellfish Immunology**, vol.87, pag. 820–828, 2019.
- KUMAR, A., MALEVA, M., BRUNO, L. B., RAJKUMAR, M. Synergistic effect of ACC deaminase producing *Pseudomonas* sp. TR15a and siderophore producing *Bacillus aerophilus* TR15c for enhanced growth and copper accumulation in *Helianthus annuus* L. **Chemosphere**, vol. 276, 130038, 2021.
- KUPPER, K. C., GIMENES-FERNANDES, N., e GOES, A. DE. Controle biológico de *Colletotrichum acutatum*, agente causal da queda prematura dos frutos cítricos. **Fitopatologia Brasileira**, 28(3), 251–257, 2003.

- LANNA FILHO, R., FERRO, H. M., De PINTO, R. S. C. Controle biológico media por *Bacillus subtilis*. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, vol. 4, n. 2, p. 20, 2010.
- LEITE, R. M. V. B. C. **Ocorrência de doenças causadas por *Sclerotinia sclerotiorum* em girassol e soja**. Londrina: Embrapa Soja, Comunicado Técnico 76, 2005.
- LEÓN, D. C. S., GUIO, L. C. C., HERNÁNDEZ, L. C. Fungicidal activity of volatile organic compounds from *Paenibacillus* bacteria against *Colletotrichum gloeosporioides*. **Revista Colombiana de Química**, nº. 49(1), pag. 20-25, 2020.
- LI, L., LI, C., REN, Z., QIN, Y., WANG, R., WANG, J., CAI, J., ZHAO, L., LI, X., CAI, Y., XIONG, X. Transcriptome profiling of genes regulated by phosphate-solubilizing bacteria *Bacillus megaterium* P68 in potato (*Solanum tuberosum* L.). **Frontiers in Microbiology**, vol. 14, 1140752, 2023.
- LI, Z., SCHOTTROFF, F., SIMPSON, D. J., GÄNZLE, M. G. The copy number of the spoVA^{2mob} operon determines pressure resistance of *Bacillus* endospores. **Applied and Environmental Microbiology**, vol.85 Issue 19, 2019.
- LIMA, L. M. P. DE, DA CUNHA, W. V. Controle de *Hypothenemus hampei* com *Bacillus* spp. **Revista Perquirere**, n. 18, vol. 2: 32-40, 2021.
- LIMA, O. D. D. R., DE OLIVEIRA, L. D. J. M. G., E SILVA, M. S. B. D. S., RODRIGUES, A. A. Ação antifúngica *in vitro* de isolados de *Bacillus* ssp. sobre *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 4, p. 57 –64, 2014.
- LING, L., LUO, H., YANG, C., WANG, Y., CHENG, W., PANG, M., JIANG, K. Volatile organic compounds produced by *Bacillus velezensis* L1 as a potential biocontrol agent against postharvest diseases of wolfberry. **Frontiers in Microbiology**, vol. 13, 2022.
- LIU, S., TIAN, Y., JIA, M., LU, X., YUE, L., ZHAO, X., JIN, W., WANG, Y., ZHANG, Y., XIE, Z., WANG R. Induction of salt tolerance in arabidopsis thaliana by volatiles from *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42 via the jasmonic acid signaling pathway. **Frontiers in Microbiology**. 11:562934, 2020.

- LIU, W., UM, W., ZHU, B., DU, Y., LU, F. Antagonistic activities of volatiles from four strains of *Bacillus* spp. and *Paenibacillus* spp. against soil-borne plant pathogens. **Agricultural Sciences in China**, vol. 7, Issue 9, pag. 1104-1114, 2008.
- LIU, X., CHEN, C., WANG, J., ZOU, S., & LONG, X. Phosphorus solubilizing bacteria *Bacillus thuringiensis* and *Pantoea ananatis* simultaneously promote soil inorganic phosphate dissolution and soil Pb immobilization. **Rhizosphere**, vol. 20, 100448, 2021.
- LOBO JUNIOR, M. **Manejo do mofo branco**. IN: ONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 10., 2011, Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54406/1/palestra6.pdf>. Acesso em: 19 de janeiro de 2024.
- MA, W.; DING, J.; JIA, Q.; LI, Q.; JIAO, S.; GUO, X.; FAN, C.; CHEN, Y.; HU, Z. A novel strain of *Bacillus cereus* with a strong antagonistic effect specific to *Sclerotinia* and its genomic and transcriptomic analysis. **Microorganisms**, 12, 611, 2024.
- MACEDO, R. L. S., MARTINS, W. S., MIRANDA, F. F. R. de. Ação do fosfito na indução de resistência da soja no manejo de mofo branco na região do cerrado. **Revista Sítio Novo Palmas** vol. 5 n. 3 pag. 52-52, 2021.
- MACENA, A. M. F. CANTERI, M. G. FERREIRA JUNIOR, J. P. Espaçamento e manejo de restos culturais para o controle de *Sclerotinia sclerotiorum* em feijoeiro. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.41, n.11, p.1871-1873, 2011.
- MANIKANDAN, A., JAIVEL, N., JOHNSON, I., KRISHNAMOORTHY, R., SENTHILKUMAR, M., RAGHU, R., GOPAL, N. O., MUKHERJEE, P. K., ANANDHAM, R. Suppression of *Macrophomina* root rot, *Fusarium* wilt and growth promotion of some pulses by antagonistic rhizobacteria. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, 121, 101876, 2022.
- MASSOD, S., ZHAO, X. Q., SHEN, R. F. *Bacillus pumilus* promotes the growth and nitrogen uptake of tomato plants under nitrogen fertilization. **Scientia Horticulturae**, vol. 272, 109581, 2020.
- MAUGHAN, H., VAN DER AUWERA, G. *Bacillus* taxonomy in the genomic era finds phenotypes to be essential though often misleading. **Genetics and Evolution**, vol. 11 pag. 789–797, 2011.

MCLOUGHLIN, T. J., QUINN, J. P., BETTERMAN, A. BOOCKLAND, R. *Pseudomonas cepacia* suppression of sunflower wilt fungus and role of antifungal compounds in controlling the disease. **Applied and Environmental Microbiology**, vol. 58 nº 5, p. 1760-1763, 1992.

MENEZES, A. F., MEYER, M. C. Sobrevivência de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* sob seis tipos de manejo de solo. **8º Seminário Jovens Talentos: Coletânea dos resumos apresentados**. Embrapa Arroz e Feijão Santo Antônio de Goiás, Pag. 24, 2014

MEYER, M. C., CAMPOS, H. D., GODOY, C. V., UTIAMADA, C. M., JACCOUD FILHO, D. DE S., VENANCIO, W. S., BRUSTOLIN, R. CARNEIRO, L. C. NUNES JUNIOR, J., LOBO JUNIOR, M., JULIATTI, F. C., DE MEDEIROS, F. H. V., PIZOLOTTO, C. A., DE SOUZA, T. P., OLIVEIRA, M. N. DE. Experimentos cooperativos de controle biológico de *Sclerotinia sclerotiorum* na cultura da soja: resultados sumarizados da safra 2021/2022. EMBRAPA, Londrina PR, Circular Tecnica 186, ISSN 2176-2864, 2022.B.

MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; SATO, CHAGAS, D. F., SCHIPANSKI, C. A., GALDINO, J. V., SENGHER, M., BRUSTALIN, R., PIZOLOTTO, A., DIAS, A. R.; NUNES JUNIOR, J.; LOBO JUNIOR, M.; TORMEN, N. R., MARTINS, M. C.; DE SOUSA, T. P.; JULIATTI, F. C.; OLIVEIRA, M. C. N. de. **Eficiência de fungicidas para controle de mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) em soja, na safra 2021/2022: resultados sumarizados dos experimentos cooperativos**. EMBRAPA, Londrina PR, Circular Tecnica 173, ISSN 2176-2864, 2022 A.

MEYER, M. C.; CAMPOS, H.D.; GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M; DIAS, A. R.; JACCOUD FILHO, D. S.; DE MEDEIROS, F. C. L.; GALDINO, J. V.; NUNES JUNIOR, J.; DA SILVA, L. H. C. P.; SATO, L. N.; DE OLIVEIRA, M. C. N.; MARTINS, M.C.; RODRIGO TORMEN, N. R. **Eficiência de fungicidas para controle de mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) em soja, na safra 2018/19: resultados sumarizados dos experimentos cooperativos**. EMBRAPA, Londrina PR, Circular Tecnica 152, pag 2. ISSN 2176-2864, 2019.

MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; GODOY, C. V. Controle biológico de mofo-branco na cultura da soja. In: MEYER, M. C.; BUENO, A. de F.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. da (ed.). **Bioinsumos na cultura da soja**. Brasília, DF: Embrapa, p. 315-329, 2022. C.

MEYER, M. C.; NUNES JUNIOR, J.; PIMENTA, C. B.; SEIL, A. H.; NUNES SOBRINHO, J. B.; COSTA, N. B.; GUARNIERI, S. F. Eficiência de fungicidas no controle de mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), em soja, no estado de Goiás. In: **Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil**, 32, São Pedro, 2011. Resumos Londrina: Embrapa Soja, 2011.

MIAN, S., MACHADO, A. C. Z., HOSHINO, R. T., MOLESA, M. HIGASHI, A. Y., SHIMIZU, G. D., TEIXEIRA, G. M., NOGUEIRA, A. F., GIACOMIN, R. M., RIBEIRO, L. A. B., KOLTUN, A., DE ASSIS, R., GONÇALVES, L. S. A. Complete genome sequence of *Bacillus velezensis* strain Ag109, a biocontrol agent against plant-parasitic nematodes and *Sclerotinia sclerotiorum*. **BMC Microbiol**, vol.24, 194, 2024.

MICHEREFF, S. J. Conceito e importância das doenças de plantas: In **Fundamentos da Fitopatologia**. Recife, pag. 5-11, 2001.

MILJAKOVIC, D., MARINKOVIĆ, J., BALEŠEVIĆ-TUBIĆ, S. The significance of *Bacillus* spp. in disease suppression and growth promotion of field and vegetable crops. **Microorganisms**, vol. 8 (7), 1037, 2020.

MOIR, A. How do spores germinate? **Journal of Applied Microbiology**, vol. 101 pag. 526–530, 2006.

MONTALVAO, S. C. L.; CASTRO, M. T. SOARES, C. M.; BLUM, L. E. B. MONNERAT, R. G. *Caenorhabditis elegans* as an indicator of toxicity of *Bacillus thuringiensis* strains to *Meloidogyne incognita* race 3. **CIÊNCIA RURAL**, vol. 48, pag. 1-8, 2018.

MONTALVÃO, S.C.L.; CASTRO, M.T.; BLUM, L.E.B.; MONNERAT, R. G. Biocontrol of *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* with *Bacillus* spp. strains. **Journal of Agricultural Science**, vol. 13, pag. 1-16, 2021.

MONTALVÃO, S. C. L.; CASTRO, M. T.; BLUM, L. E. B.; MONNERAT, R. G. *Bacillus*-based products to control *Meloidogyne incognita* races 3 and 4 in cotton and compared histopathology using *B. methylotrophicus*. **Journal of Agricultural Science**, vol. 14, pag. 103, 2022. MONTEIRO, F. P., FERREIRA, L. C., PACHECO, L. P., & SOUZA, P. E. Antagonism of *Bacillus subtilis* against *Sclerotinia sclerotiorum* on *Lactuca sativa*. **Journal of Agricultural Science**, vol. 5 (4), 2013.

MONTEIRO, G. P., VASCONCELOS, A. dos S., HANADA, R. E., BLIND, A. D., SILVEIRA, T. M. *Bacillus amyloliquefaciens*, *Microbacterium resistens* e *Stenotrophomonas maltophiliana* biocontrole de *Corynespora cassiicola* na cultura do tomate. **Brazilian Journal of Development**, vol.9, n.1, pag.4677-4697, 2023.

MOREIRA A. C. S., LOPES, E. A., VISÔTTO, L. E., SOARES, M. S., LONDE, M. L. A. RIBEIRO, L. B. TERRA, W. C. MOREIRA, S. I. PEDROSO, M. P., PEREIRA L. F., DOS

- REAI, C. N. *Bacillus amyloliquefaciens* strain BaNCT02: An antagonist with multiple mechanisms of action against *Meloidogyne incognita*. **Plant Pathology**. 00:1–10, 2024.
- MOSELA, M., ANDRADE, G., MASSUCATO, L. R., ALMEIDA, S. R. DE A., NOGUEIRA, A. F., DE LIMA FILHO, R. B., ZEFFA, D. M., MIAN, S., HIGASHI, A. Y., SHIMIZU, G. D., TEIXEIRA, G. M., BRANCO, K. S., FARIA, M. V., GIACOMIN, R. M., SCAPIM, C. A., GONÇALVES, L. S. A. *Bacillus velezensis* strain Ag75 as a new multifunctional agent for biocontrol, phosphate solubilization and growth promotion in maize and soybean crops. **Scientific Reports**, vol. 12, 15284, 2022.
- MOTLAGH, M. R. S. ABOLGHASEMI, M. The effect of *Trichoderma* spp. isolates on some morphological traits of canola inoculated with *Sclerotinia sclerotiorum* and evaluation of their efficacy in biological control of pathogen. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, vol. 21, pag. 217–231, 2022.
- MUKHTAR, T., REHMAN, S. U., SMITH, D., SULTAN, T., SELEIMAN, M. F., ALSADON, A. A., AMNA, ALI, S., CHAUDHARY, H. J., SOLIEMAN, T. H. I., IBRAHIM, A. A., SAAD, M. A. O. Mitigation of heat stress in *Solanum lycopersicum* L. by acc-deaminase and exopolysaccharide producing *Bacillus cereus*: Effects on biochemical profiling. **Sustainability**, vol. 12(6), 2159, 2020.
- MUMTAZ, M. Z., MALIK, A., NAZLI, F., LATIF, M., ZAHEER, A., ALI, Q., JAMIL, M. AHMAD, M. Potential of zinc solubilizing *Bacillus* strains to improve growth, yield, and quality of maize (*Zea mays*). **International Journal of Agriculture & Biology**, vol. 24, n. 4, 2020.
- NAPOLÊÃO, R., CAFÉ-FILHO, A.C., NASSER, L.C.B., LOPES, C.A. e SILVA, H.R. Intensidade do mofo-branco do feijoeiro em plantio convencional e direto sob diferentes lâminas d'água. **Fitopatologia Brasileira**, vol.30, pag.374-379. 2005.
- NASSER L. C. B., ANJOS J. R. N., PERES J. R. R., MEDEIROS A. C. S., SPEHAR C. R., URBEN FILHO G., SOUZA P. I. M. **Fungicidas para tratamento de semente de soja**. EMBRAPA CERRADOS, Planaltina DF, Comunicado Técnico nº40, pag. 6, 1984.
- NASSER, I., AHMAD, M., HUSSAIN, A., JAMIL, M. Potential of zinc solubilizing *Bacillus* strains to improve rice growth under axenic conditions. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, vol. 57 (4), pag. 1057-1071, 2020.

NCBI. **THE NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION**. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/datasets/taxonomy/2487276/>. Acesso em: 28 de março de 2024.

NGUYEN, T. A., GHORBEL, E. FARES, H. COUSTURE, A. Bacterial self-healing of concrete and durability assessment. **Cement and Concrete Composites**. Vol. 104, 103340, 2019.

NICHOLSON, W. L., MUNAKATA, N., HORNECK, G., MELOSH, H. J., SETLOW, P. Resistance of *Bacillus* endospores to extreme terrestrial and extraterrestrial environments. **Microbiology and Molecular Biology**, vol. 64 n. 4, pag. 548-572, 2000.

NILCHOLSON, W. L. Roles of *Bacillus* endospores in the environment. **CMLS, Cellular and Molecular Life Science**, vol.59, pag.410–416, 2002.

OLIVEIRA, M. Z. A.; BARRETO R. S. S.; S. C. M. Microrganismos associados as raízes de cenoura na Bahia. **Fitopatologia Brasileira** vol. 14 n° 2, pag. 155, 1989.

OLIVOTO, T., DE ANDRADE, S. M.P., DEL PONTE, E. M. **Measuring plant disease severity in R: introducing and evaluating the pliman package**. 2021. <https://doi.org/10.31219/osf.io/jfhm7>.

ONARAN, A., YANAR, Y. Screening bacterial species for antagonistic activities against the *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) De Bary causal agent of cucumber white mold disease. **African Journal of Biotechnology**, vol. 10(12), pag. 2223-2229, 2011.

ONU. **População mundial atinge 8 bilhões de pessoas**. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2022/11/1805342>. Acesso em: 16 de outubro de 2023.

PARRA, J. R. Controle biológico na agricultura brasileira. **Entomological Communications**, 1, 2675-1305, 2019.

PAUL, G. K., MAHMUD, S., DUTTA, A. K., SARKAR, S., LABONI, A. A., HOSSAIN, M. S., NAGATA, A., KARMAKER, P., RAZU, M. H., KAZI, T., UDDIN, M. S., ZAMAN, S., ISLAM, M. S., KHAN, M. SALEH, M. A. Volatile compounds of *Bacillus pseudomycolides* induce growth and drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Scientific Reports**, rep 12, n° 19137 2022. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-22354-2>.

PEREIRA, B. DE A., CASTRO-SILVA, M. A. Rizobactérias formadoras de endósporos associadas a *Tibouchina urvilleana* de áreas impactadas por rejeitos da mineração do carvão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 34, pag.563-567, 2010.

PEREIRA, R. A., COSTA, C. M. L., LIMA, E. M. O impacto dos agrotóxicos sobre a saúde humana e o meio ambiente. **Revista Extensão**, 3(1), 29-37, 2019.

PISITHKUL, T., SCHROEDER, J. WTRUJILLO, E. A., YEESIN, P., STEVENSON, D. M., CHAIAMARIT, T. C. COONC, J. J., WANG, J. D., AMADOR-NOGUEZB, D. Metabolic remodeling during biofilm development of *Bacillus subtilis*. **Molecular Biology and Physiology**, vol. 10, Issue 3, 2019.

PORTER, L.D., HOHEISEL, G. AND COFFMAN, V.A. Resistance of peas to *Sclerotinia sclerotiorum* in the *Pisum* core collection. **Plant Pathology**, vol.58, pag.52-60, 2009.

PUCHE, R., BASSO, V., FUMERO, M. V., MEDEOT, D., JOFRÉ, E. Antagonistic activity of autochthonous strains of *Bacillus amyloliquefaciens* and *Bacillus velezensis* against fungi and oomycetes associated to damping off. **Rhizosphere**, vol.33, 101052, 2025.

PURDY, L. H. *Sclerotinia sclerotiorum*: history, diseases and symptomatology, host range, geographic distribution, and impact. **Phytopathology**, v. 69, n. 8, p. 875-880, 1979.

QIN, L., TIAN, P., CUI, Q., HU, S., JIAN, W., XIE, C., YANG, X. SHEN, H. *Bacillus circulans* GN03 alters the microbiota, promotes cotton seedling growth and disease resistance, and increases the expression of phytohormone synthesis and disease resistance-related genes. **Frontiers in Plant Science**, vol.12, 644597, 2021.

R PROJECT. <https://www.r-project.org/>.

RAHMAN, M.M., HOSSAIN, D.M., SUZUKI, K., SHIYA, A., SUZUKI, K., KUMAR, D., NONAKA, M., HARADA, N. Suppressive effects of *Bacillus* spp. on mycelia, apothecia and sclerotia formation of *Sclerotinia sclerotiorum* and potential as biological control of white mold on mustard. **Australasian Plant Pathology**, vol. 45, pag. 103–117, 2016.

RAMARATHNAM, R., BO, S., CHEN, Y., FERNANDO, W.G.D., XUEWEN, G., DE KIEVIT, T.R. Molecular and biochemical detection of fengycin- and bacillomycin D-producing *Bacillus* spp., antagonistic to fungal pathogens of canola and wheat. **Canadian Journal of Microbiology**. 53, 901–911, 2007.

RANGEL-MONTOYA, E. A., DELGADO-RAMÍREZ, C. S., SEPULVEDA, E., HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, R. Biocontrol of *Macrophomina phaseolina* using *Bacillus amyloliquefaciens* strains in cowpea (*Vigna unguiculata* L.). **Agronomy**, vol.12(3), 676, 2022.

RAZA, W., YANG, X., WU, H., WANG, Y., XU, Y., SHEN, Q. Isolation and characterisation of fusaricidin-type compound-producing strain of *Paenibacillus polymyxa* SQR-21 active against *Fusarium oxysporum* f. sp. *neivum*. **European Journal of Plant Pathology**, vol.125, pag. 471-483, 2009.

RAZA, W., YUAN, J., LING, N., HUANG, Q., SHEN, Q. Production of volatile organic compounds by an antagonistic strain *Paenibacillus polymyxa* WR-2 in the presence of root exudates and organic fertilizer and their antifungal activity against *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*. **Biological Control**, vol.80, pag. 89-95, 2015.

RIBEIRO, I. D. A., BACH, E., MOREIRA, F. da S., MULLER, A. R., RANGEL, C. P., WILHELM, C. M., BARTH, A. L., PASSAGLIA, L. M. P. Antifungal potential against *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary and plant growth promoting abilities of *Bacillus* isolates from canola (*Brassica napus* L.) roots. **Microbiological Research**. 208, 126754, 2021.

RIVERA-MENDEZ, W., OBREGON, M., MORAN-DIEZ, M. E., HERMOSA, R., e MONTE, E. *Trichoderma asperellum* biocontrol activity and induction of systemic defenses against *Sclerotium cepivorum* in onion plants under tropical climate conditions. **Biological Control**, vol.141, 104145, 2020.

ROCHA, I.S.; SILVA, J.M.; SILVA, A.R.; RIETJENS, A.R.; LEMES, N.M.; PAZ-LIMA, M.L. Distribuição espaço - temporal de *Sclerotinia Sclerotiorum* em campo de feijoeiro tratado com diferentes métodos de controle foliar. **Summa Phytopathologica**, v.44, n.4, p.361-367, 2018.

RODRIGUES, A. A. C., BARROS, D. R. S., E SILVA, E. K. C., DE OLIVEIRA, L. D. J. M. G., DIAS, L. R. C., NASCIMENTO, I. DE O., BORBA, M. F. O., DE SOUSA, E. G., CUNHA, E. L., DA PAZ, D. S. *Fusarium oxysporum* f. sp. *tracheiphilum*: antagonismo *in vitro* por *Bacillus* spp. e reação de cultivares de feijão caupi sob adubação orgânica. **Estudos Agroecológicos: O Avanço Da Ciência No Brasil**, vol. 2, pag. 157-173, 2023.

RODRIGUES, A.C., ANTUNES, J. E. L., MEDEIROS, V. V. DE., BARROS, B. G. DE F., FIGUEIREDO, M. DO V. B. Resposta da co-inoculação de bactérias promotoras de crescimento em plantas e *Bradyrhizobium* sp. em caupi. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, vol. 28, n. 1, pag. 196–202, 2012.

RODRIGUES, L. C. F.; DA CUNHA W. V. Controle biológico de *Sclerotinia sclerotiorum* e promoção de crescimento em feijoeiro. *Revista Cerrado Agrociências*, v. 12: 67-85, 2021.

- RODRIGUES, P. K. B., ROJAS, L. A. C., VAZ, M. H. M., LEMOS, E. G. M. *Bacillus bombysepticus* JAB01 unleashes antifungal defense against *Sclerotinia sclerotiorum* white mold disease. **Archives of Microbiology and Immunology**. vol. 9, pag. 07-20, 2025.
- RODRÍGUEZ, M. A., CABRERA, G., GOZZO, F. C., EBERLIN, M. N., GODEAS, A. *Clonostachys rosea* BAF3874 as a *Sclerotinia sclerotiorum* antagonist mechanisms involved and potential as a biocontrol agent. **Journal of Applied Microbiology**, vol 110, Issue 5, 1, pag.1177–1186, 2011.
- ROMANOVA, E. SPIRINA, E., ROMANOV, V., LYUBOMIROVA, V. SHADYEVA, L. Effects of *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* on catfish in industrial aquaculture. **E3S Web of Conferences**. vol.175, 2020.
- ROTHMANN L. A, MCLAREN N. W. *Sclerotinia sclerotiorum* disease prediction: A review and potential applications in South Africa. **South African Journal of Science**.114(3/4), Art. #2017-0155, pag. 9, 2018.
- SABATÉ, D. C., BRANDAN, C. P., PETROSELLI, G., ERRA-BALSELLS, R., AUDISIO, M. C. Biocontrol of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary on common bean by native lipopeptide-producer *Bacillus* strains. **Microbiological Research**, vol. 211, pag. 21-30, 2018.
- SAEED, Q., XIUKANG, W., HAIDER, F. U., KUČERIK, J., MUMTAZ, M. Z., HOLATKO, J., NASEEM, M., KINTL, A., EJAZ, M., NAVEED, M., BRTNICKY, M., MUSTAFA, A. Rhizosphere bacteria in plant growth promotion, biocontrol, and bioremediation of contaminated sites: A comprehensive review of effects and mechanisms. **International Journal of Molecular Sciences**, vol. 22, Issue 19, 10529, 2021.
- SAHARAN, G.S.; MEHTA, N. *Sclerotinia diseases of crop plants: Biology, Ecology and Disease Management*. pag 22-37, 2008.
- SAIED, A., PROCHOWNIK, E., DOBROWOLSKA-IWANEK, J. Phosphorus solubilization by *Bacillus* species. **Molecules**, vol. 23, 2897, 2018.
- SAITOU, N., NEI, M. The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. **Molecular Biology and Evolution**, vol.4(4), pag.406-425, 1987.
- SAMARAS, A., ROUMELIOTIS, E., NTASIOU, P., KARAOGLANIDIS, G. *Bacillus subtilis* MBI600 promotes growth of tomato plants and induces systemic resistance contributing to the control of soilborne pathogens. **Plants**, vol. 10 (6), 1113, 2021.

SÁNCHEZ-YÁÑEZ, J. M., RICO, J. L., ULÍBARRI, G. *Bacillus thuringiensis* (Bt) is more than a special agent for biological control of pests. **Journal of Applied Biotechnology and Bioengineering**, vol. 9, n. 2, pag. 33-39, 2022.

SANTOS J. R. M., CHARCHAR, M. J., NASSER L. C. B. Levantamento de patógenos que afetam ervilha irrigada no Distrito Federal. **Fitopatologia Brasileira**, vol.15:1 pag.98-99, 1991.

SAUSEN, D.; MARQUES, L. P.; MELO, M. C. DE.; COSTA, G. DE A.; AZEVEDO, L. B. Tecnologias que auxiliam a produção sustentável de alimentos. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar** v. 7, n. 1 2021.

SCHMIDT, C.S., MRNKA, L., LOVECKÁ, P., FRANTIK, T., FLENCOVA, M., DEMNEROVÁ, K., VOSÁTKA, M. Bacterial and fungal endophyte communities in healthy and diseased oilseed rape and their potential for biocontrol of *Sclerotinia* and *Phoma* disease. **Science Reports** vol. 11, 3810, 2021.

SCHWARTZ, H. F.; STEADMAN, J. R. Factors affecting sclerotium populations of, and apothecium production by, *Sclerotinia sclerotiorum*. **Phytopathology**. v. 68, p. 383-388, 1978.

SELIN, C., HABIBIAN, R., PORITSANOS, N., ATHUKORALA, S. N. P. FERNANDO, D., DE KIEVIT. T. R. Phenazines are not essential for *Pseudomonas chlororaphis* PA23 biocontrol of *Sclerotinia sclerotiorum*, but do play a role in biofilm formation, **FEMS Microbiology Ecology**, vol. 71, Issue 1, 10, pag. 73–83, 2009.

SETLOW P. 2014. Spore Resistance Properties. **Microbiology Spectrum**. 2014.

SHAFFIQUE, S., IMRAN, M., RAHIM, W., ALOMRANI, S. O., YUN, B. W., LEE, I. J. A newly isolated *Bacillus pumilus* strain SH-9 modulates response to drought stress in soybean via endogenous phytohormones and gene expression (Daegu, South Korea). **Plant Stress**, 10, 100279, 2023.

SHAHID, I., HAN, J., HANOOQ, S., MALIK, K. A., BORCHERS, C. H., & MEHNAZ, S. Profiling of metabolites of *Bacillus* spp. and their application in sustainable plant growth promotion and biocontrol. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, 5, 605195, 2021.

SHARIPOVA, M., ROCKSTROH, A., BALABAN, N., MARDANOVA, A., TOYMENTSEVA, A., TIKHONOVA, A., VOLOGIN, S. AND STASHEVSKY, Z. Antiviral effect of ribonuclease from *Bacillus pumilus* against phytopathogenic Rna-viruses. **Agricultural Sciences**, vol. 6, pag.1357-1366, 2015.

- SIBPONKRUNG, S., KONDO, T., TANAKA, K., TITTABUTR, P., BOONKERD, N., YOSHIDA, K.-I., TEAUMROONG, N. Co-Inoculation of *Bacillus velezensis* strain S141 and *Bradyrhizobium* strains promotes nodule growth and nitrogen fixation. **Microorganisms**, vol. 8(5), 678, 2020.
- SILVEIRA, L.F.V., POLANCZYK, R.A., PRATISSOLI, D. FRANCO, C.R. Seleção de isolados de *Bacillus thuringiensis* Berliner para *Tetranychus urticae* Koch. **Arquivos Do Instituto Biológico**, São Paulo, v.78, n. 2, p.273-278, 2011.
- SINHA, T., MALAKAR, C., TALUKDAR, N.C. Mustard seed–associated endophytes suppress *Sclerotinia sclerotiorum* causing Sclerotinia rot in mustard crop. **Internacional Microbiology**, vol. 26, pag.487–500, 2023.
- SIVAGNANAPAZHAM, K., KARTHIKEYANI, M., RAGUCHANDER, T., SWARNA PRIYA, R., KAMALAKANNAN, A. Biological control of cabbage head rot (*Sclerotinia sclerotiorum*) by *Coniothyrium minitans*. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, vol. 32 132, 2022.
- SMOLIŃSKA, U., KOWALSKA, B. Biological control of the soil-borne fungal pathogen *Sclerotinia sclerotiorum* a review. **Journal of Plant Pathology**, vol.100, pag.1–12, 2018.
- SOROKAN, A., VESELOVA, S., BENKOVSKAYA, G., MAKSIMOV, I. Endophytic strain *Bacillus subtilis* 26D increases levels of phytohormones and repairs growth of potato plants after colorado potato beetle damage. **Plants**, vol.10, Issue 5, 923, 2021.
- SOUMARE, A., DIEDHIOU, A. G., THUITA, M., HAFIDI, M., OUHDOUCH, Y., GOPALAKRISHNAN, S., KOUISNI, L. Exploiting biological nitrogen fixation: A route towards a sustainable agriculture. **Plants**, vol. 9 (8), 1011, 2020.
- STEADMAN, J. R. White Mold- A Serious Yield-Limiting Disease of Bean. **Plant Disease**. p.347- 350. 1983.
- STELow, P. Spore resistance properties. **Microbiology Spectrum**, vol. 2 Issue 5, 2014.
- SUMIDA, C. H., DANIEL, J. F. S., ARAUJOD, A. P. C. S., PEITL, D. C., ABREU, L. M., DEKKER, R. F. H., CANTERI, M. G. *Trichoderma asperelloides* antagonism to nine *Sclerotinia sclerotiorum* strains and biological control of white mold disease in soybean plants. **Biocontrol Science and Technology**, vol. 28 (2), pag. 142–156, 2018.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

- TARRAH, A., PAKROO, S., CARLOT, M., NESTO, C., CIRILLO, A., LOMBARDI, A., CORICH, V. GIACOMINI, A. Thermal resistance and high-performance microwave decontamination assessment of *Bacillus* endospores isolated from food-grade herbal extracts. **Plos one**, 16(12), e0261988, 2021.
- TEIXEIRA, A. G., REZEK, L. R., MELO, L. M., CORRÊA, B. O. Pulverização de bactérias antagonistas no controle do mofo branco em folhas destacadas de soja. **Cadernos de Agroecologia**, vol 11(2), 2016.
- THAMPIBAN-UDOM, P., CHAROENRAK, P., INTANOO, W., CHAMSWARNG, C. Efficacy of *Bacillus siamensis* strain in managing sheath blight, enhancing grain yields and decomposing rice stubble and straw. **Journal of ISSAAS**, vol. 24, nº. 2, pag. 116-128, 2018.
- THOMPSON, J. D., HIGGINS, D. G., GIBSON, T. J. CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. **Nucleic Acids Research**, vol. 22(22), pag.4673-4680, 1994.
- TIAN, D., SONG, X., LI, C., ZHOU, W., QIN, L., WEI, L., DI, W., HUANG, S., LI, B., HUANG, Q., LONG, S., HE, Z., WEI, S. Antifungal mechanism of *Bacillus amyloliquefaciens* strain GKT04 against *Fusarium* wilt revealed using genomic and transcriptomic analyses. **Microbiologyopen**, vol.10(3), e1192, 2021.
- TOWNSEND, B. B.; WILLETTS, H. J. The development of sclerotia of certain fungi. **British Mycological Society**,p. 213-221 1954.
- TOZLU, E., MOHAMMADI, P., SENOL KOTAN, M., NADAROGLU, H. KOTAN, R. Biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* (lib.) De bary, the causal agent of white mould disease in red cabbage,by some bacteria. **Plant Protection Science**.Vol. 52, No. 3: pag.188–198, 2016.
- TSOTETSI T, NEPHALI L, MALEBE M, TUGIZIMANA F. *Bacillus* for plant growth promotion and stress resilience: What have we learned? **Plants**, 11(19):2482, 2022. <https://doi.org/10.3390/plants11192482>
- VARMA, P. K., YAMUNA, C., SURESH, V., TEJA, M. R., KUMAR, K. V. K. Potentiality of native *Bacillus* species in enhancing sesame seed germination and their antagonism against *Macrophomina phaseolina* under in vitro conditions. **Journal Oilseeds Research**, vol. 34(2). pag. 98-102, 2017.

VAZ JUNIOR, S. **Aproveitamento de resíduos agroindustriais: uma abordagem sustentável**. Brasília, Embrapa Agroenergia, Documentos, 31, 2020. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1126255>. Acesso em: 17 de outubro de 2023.

VIEIRA, R. F., PAULA JÚNIOR, T. J., CARNEIRO, J. E. S., TEIXEIRA, H., & QUEIROZ, T. F. N. Management of white mold in type III common bean with plant spacing and fungicide. **Tropical Plant Pathology**, vol.37(2), pag.91–101, 2012.

VIEIRA, R.F., PAULA JÚNIOR, T.J. de, PERES, A.P. e MACHADO, J. da C. Fungicidas aplicados via água de irrigação no controle do mofo-branco no feijoeiro e incidência do patógeno na semente. **Fitopatologia Brasileira** 26:770-773. 2001.

VILLARREAL-DELGADO, M. F., PARRA-COTA, F. I., CIRA-CHÁVEZ, L. A., ESTRADA-ALVARADO, M. I., SANTOS-VILLALOBOS, S. DE LOS. *Bacillus* sp. FSQ1: a promising biological control agent against *Sclerotinia sclerotiorum*, the causal agent of white mold in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Biology Bulletin**, vol.48, pag.729–739, 2021.

WANG, M., GENG, L., SUN, X., SHU, C., SONG, F., ZHANG, J. Screening of *Bacillus thuringiensis* strains to identify new potential biocontrol agents against *Sclerotinia sclerotiorum* and *Plutella xylostella* in *Brassica campestris* L. **Biological Control**, vol.145, 104262, 2020.

WANG, Q., OU, E. L., WANG, P. C., CHEN, Y., WANG, Z. Y., WANG, Z. W., FANG, X., ZHANG, J. L. *Bacillus amyloliquefaciens* GB03 augmented tall fescue growth by regulating phytohormone and nutrient homeostasis under nitrogen deficiency. **Frontiers in Plant Science**, vol.13, 979883, 2022.

WANGWANG, S. U. N., LI, Y. A. N., CHANGLONG, C. H. E. N., YU, T. I. A. N., XIAOYING, L. I., JIE, C. H. E. N., HUA, X. I. E. Identification and biocontrol effect of antagonistic bacterium *Bacillus velezensis* BPC6 against soft rot and sclerotinia rot diseases on lettuce. **Chinese Journal of Biological Control**, vol. 36 (2), pag.231-240, 2020.

WEBER, F.; MOREIRA, J. U. V.; PIPOLO, A. E. Indicação de cultivo como ferramenta para manejo de mofo branco no oeste da Bahia.IN: **Resumos da XXXII Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil** - São Pedro, SP, 2011.

WENDLAND, A., LOBO JUNIOR, M., DE FARIA, J. C. **Manual de Identificação das Principais Doenças do Feijoeiro-Comum**. Brasília, DF, Embrapa, pag. 30, 2018.

- WOLKEN, W. A. M., TRAMPER, J., Van Der WERF, J. What can spores do for us? **Trends in Biotechnology**, vol.21 n.8, 2003.
- WU, Y., YUAN., J. RAZA, W., SHEN, Q., HUANG, Q. Biocontrol traits and antagonistic potential of *Bacillus amyloliquefaciens* strain NJZJSB3 against *Sclerotinia sclerotiorum*, a causal agent of canola stem rot. **Journal Microbiology Biotechnology**, vol. 24(10), pag. 1327–1336, 2014.
- WU, Y., ZHOU, J., LI, C., MA, Y. Antifungal and plant growth promotion activity of volatile organic compounds produced by *Bacillus amyloliquefaciens*. **Microbiology Open**, vol.8(8), e00813, 2019.
- YAAKOV, N., KOTTAKOTA, C., MANI, K. A. NAFTALI, S. M., ZELINGER, E., DAVIDOVITZ, M., MENT, D., MECHREZ, G. Encapsulation of *Bacillus thuringiensis* in an inverse Pickering emulsion for pest control applications. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, vol. 213, 112427, 2022.
- YU, X., AI, C., XIN, L., ZHOU, G. The siderophore-producing bacterium, *Bacillus subtilis* CAS15, has a biocontrol effect on *Fusarium* wilt and promotes the growth of pepper. **European Journal of Soil Biology**, vol. 47 (2), pag. 138-145, 2011.
- ZHANG, D., YU, S., YANG, Y., ZHANG, J., ZHAO, D., PAN, Y., FN, S., YANG, Z., ZHU, J. Antifungal effects of volatiles produced by *Bacillus subtilis* against *Alternaria solani* in potato. **Frontiers in Microbiology**, 11, 1196, 2020.
- ZHANG, J. X., XUE, A. G. Biocontrol of sclerotinia stem rot (*Sclerotinia sclerotiorum*) of soybean using novel *Bacillus subtilis* strain SB24 under control conditions. **Plant Pathology**, vol. 59, 382–391, 2010.
- ZHANG, X., LI, H., KANG, X., LIM, S., LI, F. Isolation, identification and optimization of fermentation conditions against *Sclerotinia sclerotiorum* strains in high salt Doenjang. **Food Science and Human Wellness**, vol.10(2), pag.205-213, 2021.
- ZHAO, H., ZHOU, T., XIE, J., CHENG, J., CHEN, T., JIANG, D., FU, Y. Mycoparasitism illuminated by genome and transcriptome sequencing of *Coniothyrium minitans*, an important biocontrol fungus of the plant pathogen *Sclerotinia sclerotiorum*. **Microbial genomics**, vol. 6 (3), e 000345, 2020.

ZHAO, X., BEGYN, K., DELONGIE, Y., RAJKOVIC, A., RAJKOVIK, A. UYTENDAELE, M. UV-C and wet heat resistance of *Bacillus thuringiensis* biopesticide endospores compared to foodborne *Bacillus cereus* endospores. **Food Microbiology**, vol.115, 104325, 2023.

ZHONG, J., HU, X., LIU, X., CUI, X., LV, Y., TANG, C., ZHANG, M., LI, H., QIU, L., SUN, W. Isolation and identification of uranium tolerant phosphate-solubilizing *Bacillus* spp. and their synergistic strategies to U (VI) immobilization. **Frontiers in Microbiology**, vol.12, 676391, 2021.

ZHOU, C., ZHU, J., QIAN, N., GUO, J., YAN, C. *Bacillus subtilis* SL18r induces tomato resistance against *Botrytis cinerea*, involving activation of long, non-coding, RNA, MSTRG18363, to decoy miR1918. **Frontiers in Plant Science**, vol. 11, 634819, 2021.

ZHOU, Z., CHANG, N., LV, Y., JIANG, H., YAO, C., WAN, X., LI, Y., ZHANG, X. K-solubilizing bacteria (*Bacillus*) promote theanine synthesis in tea roots (*Camellia sinensis*) by activating CsTSI activity. **Tree Physiology**, vol. 42(8), 1613-1627, 2022.