

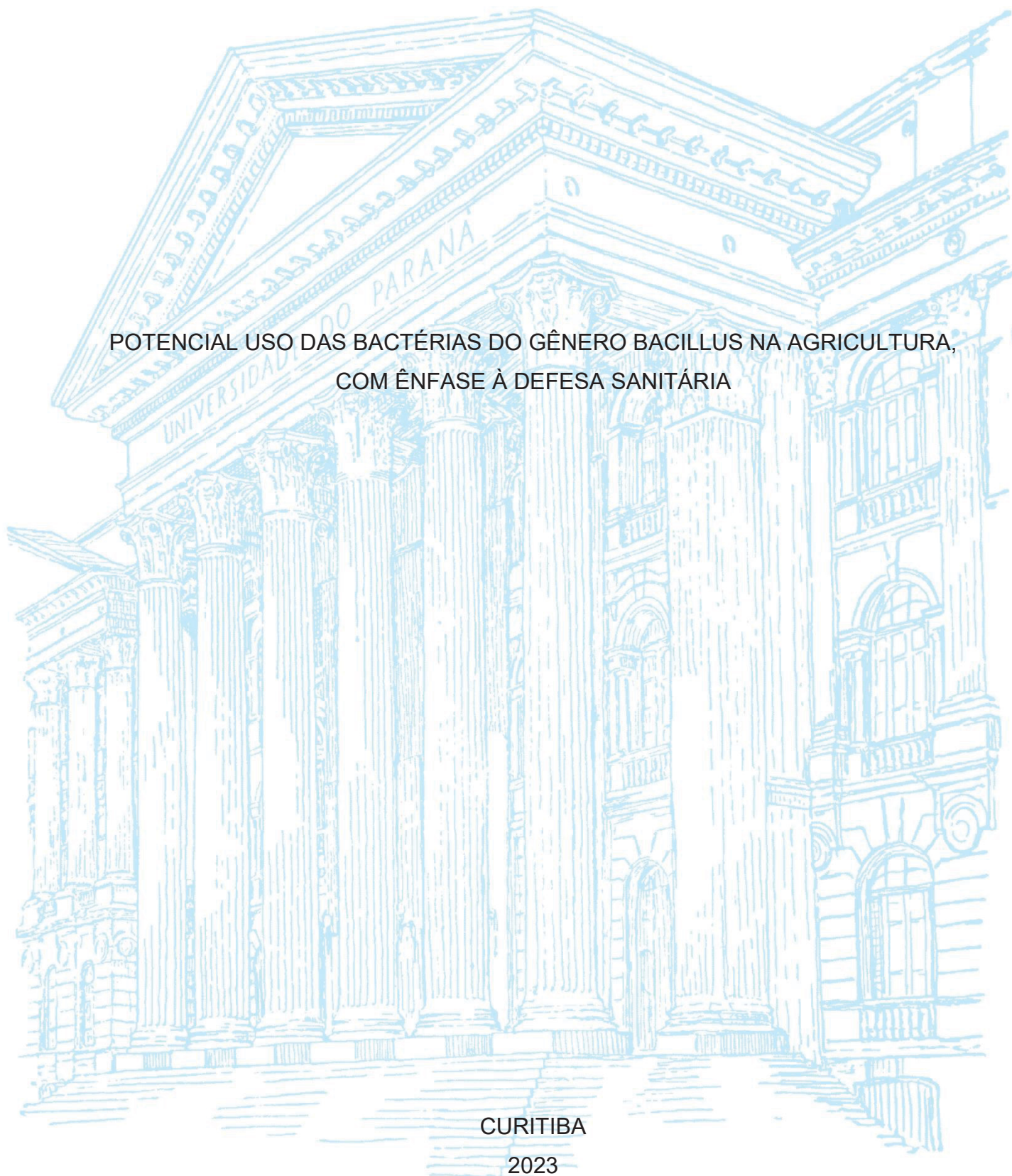
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LARISSA GREGOSKI

POTENCIAL USO DAS BACTÉRIAS DO GÊNERO BACILLUS NA AGRICULTURA,
COM ÊNFASE À DEFESA SANITÁRIA

CURITIBA

2023



LARISSA GREGOSKI

POTENCIAL USO DAS BACTÉRIAS DO GÊNERO BACILLUS NA AGRICULTURA,
COM ÊNFASE À DEFESA SANITÁRIA

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fitossanidade.

Orientador(a): Prof. M.Sc. Maurício Cesar Iung

CURITIBA

2023

RESUMO

O controle biológico é uma tecnologia que vem sendo cada vez mais utilizada na agricultura, e as bactérias do gênero *Bacillus* apresentam grande potencial de utilização. O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica das bactérias do gênero *Bacillus* que apresentem características para serem empregadas na agricultura e levantar quais espécies estão sendo comercializadas e aplicadas na produção agrícola. Foram feitas pesquisas nos principais sites nacionais e internacionais, separando trabalhos e informações relevantes. Existem pesquisas e produtos comercializados com as espécies *B. amyloliquefaciens*, *B. methylotrophicus*, *B. velezensis*, *B. licheniformis*, *B. pumilus*, *B. subtilis*, *B. thuringiensis* e *B. paralicheniformis*. No entanto, estudos recentes mostram potencial utilização na agricultura de *B. aryabhataii*, *B. tequilensis*, *B. paramycoides*, *B. safensis*, *B. bombysepticus*, *B. zanthoxyli*, *B. proteolyticus*, *B. xiamenensis*, *B. mojavenensis*, *B. stratosphericus*, *B. cabrialessi*, *B. siamensis* e *B. albus*. Com a diversidade de espécies e cepas, as bactérias do gênero *Bacillus* apresentam ação inseticida, nematocida, fungicida, bactericida e recentemente observada, indução de resistência e promoção de crescimento de plantas. O Brasil é o país com maior utilização de bactérias do gênero *Bacillus* na agricultura, sendo inúmeras espécies e produtos comercializados. No entanto, ainda existem desafios na utilização de produtos biológicos na agricultura, por outro lado, são inúmeras as pesquisas realizadas no mundo todo sobre a utilização desses agentes na produção agrícola.

Palavras-chave: *Bacillus*. Controle biológico. Agricultura. Produção agrícola.

ABSTRACT

Biological control is a technology that has been increasingly used in agriculture, and *Bacillus* bacteria have great potential for use. The objective of this work was to carry out a bibliographic review of bacteria of the genus *Bacillus* that present characteristics to be used in agriculture and to find out which species are being commercialized and applied in agricultural production. Research was carried out on the main national and international sites, separating relevant Works and information. There are researches and commercialized products with the species *B. amyloliquefaciens*, *B. methylotrophicus*, *B. velezensis*, *B. licheniformis*, *B. pumilus*, *B. subtilis*, *B. thuringiensis* and *B. paralicheniformis*. However, recent studies show potential use in agriculture of *B. aryabhataii*, *B. tequilensis*, *B. paramycoides*, *B. safensis*, *B. bombysepticus*, *B. zanthoxyli*, *B. proteolyticus*, *B. xiamenensis*, *B. mojavenensis*, *B. stratosphericus*, *B. cabrialessi*, *B. siamensis* and *B. albus*. With the diversity of species and strains, bacteria of the genus *Bacillus* present insecticidal, nematocidal, fungicidal, bactericidal and recently observed action, induction of resistance and promotion of plant growth. Brazil is the country with the greatest use of bacteria of the genus *Bacillus* in agriculture, with numerous species and products sold. However, there are still challenges in the use of biological products in agriculture, on the other hand, there are numerous studies carried out worldwide on the use of these agents in agricultural production.

Keywords: *Bacillus*. Biological control. Agriculture. Agricultural production.

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – Comparação da representatividade de cepas de cada espécie de Bacillus em Agrotóxicos registrados no Brasil.....	23
--	----

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Cepas, Classe de uso e Alvos biológicos dos Agrotóxicos com o ingrediente ativo <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	16
QUADRO 2 – Cepas, Classe de uso e Alvos biológicos dos Agrotóxicos com o ingrediente ativo <i>Bacillus methylotrophicus</i>	17
QUADRO 3 – Cepas, Classe de uso e Alvos biológicos dos Agrotóxicos com o ingrediente ativo <i>Bacillus velezensis</i>	17
QUADRO 4 – Cepas, Classe de uso e Alvos biológicos dos Agrotóxicos com o ingrediente ativo <i>Bacillus pumillus</i>	18
QUADRO 5 – Cepas, Classe de uso e Alvos biológicos dos Agrotóxicos com o ingrediente ativo <i>Bacillus subtilis</i>	18
QUADRO 6 – Cepas, Classe de uso e Alvos biológicos dos Agrotóxicos com o ingrediente ativo <i>Bacillus thuringiensis</i>	19
QUADRO 7 – Espécies, Cepas, Classe de uso e Alvos biológicos dos Agrotóxicos com o ingrediente ativo à base de mistura de <i>Bacillus</i>	21

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 OBJETIVOS	8
1.1.1 Objetivo geral	8
1.1.2 Objetivos específicos.....	8
1.2 METODOLOGIA.....	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 CONTROLE BIOLÓGICO	11
2.2 BACTÉRIAS	12
2.3 O GÊNERO BACILLUS.....	13
2.4 CENÁRIO DE PESQUISAS E UTILIZAÇÃO DE BACILLUS NA AGRICULTURA NACIONAL E MUNDIAL.....	15
2.5 PRODUTOS COMERCIAIS UTILIZADOS NA AGRICULTURA A BASE DE BACILLUS COMERCIALIZADOS NO BRASIL	16
3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	23
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
REFERÊNCIAS.....	26

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional, o desafio de produzir mais alimentos, de maneira eficiente, saudável e sustentável aumenta. Diante desse cenário, a preocupação com o impacto que a agricultura causa no meio ambiente pelo uso irracional de produtos químicos para o controle de pragas, vem despertando novas alternativas para esse meio, entre eles está o controle biológico. Os produtos biológicos, ou bioinsumos, são ferramentas encontradas na natureza que podem ser utilizadas na agricultura, como forma de auxiliar na produção, tornando esta atividade mais sustentável, uma vez que gera menos poluição no solo, água e ar.

Em diversos países vêm sendo estudado diferentes agentes biológicos, os quais têm se mostrando bastante eficiente no controle de pragas agrícolas (LACERDA; CARVALHO, 2008). No Brasil, o Ministério da Agricultura como forma de impulsionar a pesquisa, tecnologia e inovação, estimular a implementação de biofábricas, incentivar a capacitação técnica e promover informações especializadas sobre o desenvolvimento, produção e uso de produtos biológicos na agricultura, criou em 2020 o Programa Nacional de Bioinsumos, o qual foi instituído com o decreto N° 10.375, de 26 de maio de 2020 (GOV.BR, 2020).

Dentre as várias possibilidades de se obter bioinsumos, estão às bactérias, entre elas, destacam-se os *Bacillus*. As bactérias do gênero *Bacillus* são microrganismos que possuem seu habitat principal no solo (RATZ, 2014) e são bastante variáveis quanto ao tamanho e forma que apresentam (MELO, 1998). Essas bactérias são formadoras de endósporos, apresentando assim habilidade em produzir antibiótico (FREITAS & PIZZINATTO, 1997¹ *apud* RATZ, 2014). Como possuem capacidade de se permanecerem viáveis em diferentes ambientes, as bactérias do gênero *Bacillus* são capazes de produzir diferentes complexos enzimáticos que podem ter ação tanto em promover o crescimento de plantas, indução de resistência e atividade contra agentes fitopatogênicos. Deste modo, estas bactérias têm amplo potencial de utilização na agricultura.

As bactérias do gênero *Bacillus* que são promotoras de crescimento de plantas, possuem a capacidade de colonizar a rizosfera, camada de interação entre

¹ FREITAS, S.S; PIZZINATTO, M.A. Ação de rizobactérias sobre a incidência de *Colletotricum gossypii* e promoção de crescimento de algodoeiro (*Gossypium hirsutum*) **Summa Phytopathologica.**, v. 23, p.36-41, 1997.

o solo e a raiz (BRAND *et al.*, 2010). Vale ressaltar também as que atuam no controle de fitopatógenos, isso ocorre através da indução de resistência em plantas ou com a produção de compostos antibióticos que agem na supressão dos parasitas, sendo uma das principais formas de mecanismo de ação das rizobactérias (ARAÚJO, 2008).

O equilíbrio ecológico é indispensável para a melhor sustentação do sistema agrícola, desta forma, os agentes de controle biológico de pragas e doenças devem ser conservados no agroecossistema (EMBRAPA, 2009). Com isso, visando aumentar a produtividade agrícola e diminuir os impactos negativos que a agricultura gera ao meio ambiente, órgãos públicos e privados vêm investindo em pesquisas relacionadas a controle biológico de pragas e doenças, entre as ferramentas estudadas, estão os *Bacillus*, que apresentam potencial utilização na agricultura.

Por isso, tomar conhecimento sobre quais bactérias do gênero *Bacillus* têm potencial uso na agricultura e quais podem ser trabalhadas como ferramenta de auxílio na defesa sanitária é de suma importância para a sustentabilidade na produção de alimentos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Realizar revisão de literatura de quais bactérias pertencentes ao gênero *Bacillus* estão disponíveis e sendo estudadas para possível implementação na produção agrícola e gerar um levantamento de quais já são comercializadas no Brasil para serem utilizadas na produção agrícola.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Verificar a importância do controle biológico na agricultura e o emprego de bactérias;
- b) Pesquisar sobre a utilização de bactéria do gênero *Bacillus* na agricultura atualmente;

- c) Buscar na literatura quais espécies e cepas do gênero *Bacillus* estão sendo estudadas para potencial utilização na agricultura com ênfase na defesa sanitária;
- d) Realizar um levantamento de produtos biológicos comerciais que contenham em sua composição bactérias do gênero *Bacillus*, disponíveis para utilização na agricultura.

1.2 METODOLOGIA

Neste trabalho foi realizado uma revisão de literatura criteriosa sobre estudos recentes nacionais e internacionais que estejam relacionados a utilização de agentes biológicos na agricultura, principalmente das bactérias pertencentes ao gênero *Bacillus* que apresentam potencial utilização na agricultura, que atuem na defesa sanitária, indução de resistência e que promovam o desenvolvimento da planta para uma melhor produtividade.

De acordo com Dorsa, 2020 a revisão de literatura é indispensável para um trabalho científico, independentemente da modalidade, seja uma tese, dissertação, projeto ou escrita de um artigo científico de revisão.

Também foi realizado um levantamento dos produtos comerciais que são utilizados na agricultura brasileira, que possuem registro no sistema do Agrofit.

Para melhor efetuar este trabalho, ele foi dividido em etapas, as quais serão descritas a seguir.

Primeira etapa: Fontes. Nessa etapa foram selecionados artigos científicos, teses, dissertações e livros que abordem sobre o assunto estudado. As Plataformas utilizadas para pesquisar essas fontes, foram o Google acadêmico, Scielo e o portal de periódicos da Capes.

Segunda etapa: Coleta de dados. A coleta de dados foi realizada através de leituras exploratórias dos materiais previamente selecionados, verificando qual material continha informações relevantes sobre *Bacillus* e/ou sua utilização na agricultura. Com isso também foi registrado informações como autores, ano da publicação e fonte.

Terceira etapa: Nessa fase foi realizada uma leitura criteriosa com o intuito de verificar os resultados obtidos nos experimentos realizados com *Bacillus* na

agricultura e quais dessas bactérias são mais relevantes para a utilização na produção agrícola.

Quarta etapa: Nesse momento foi desenvolvida a revisão de literatura deste trabalho, com base nas leituras realizadas dos trabalhos selecionados.

Quinta etapa: Levantamento. Nessa etapa foram realizadas buscas de produtos comerciais utilizados na agricultura, com registro no Agrofit (<https://agrofit.agricultura.gov.br>).

Sexta etapa: Elaboração dos quadros. Com os dados obtidos através de buscas na internet em sites específicos, foram realizados quadros para melhor demonstrar quais produtos comerciais que contenham bactérias do gênero *Bacillus* estão disponíveis para utilização na agricultura. Nestes quadros foram inseridas as seguintes informações: espécie, cepa, classe do produto e alvo biológico.

Sétima etapa: Como resultado do trabalho e para melhor demonstrar a utilização das espécies pertencentes ao gênero *Bacillus*, foi realizado um gráfico que demonstra o número de cepas já utilizadas na agricultura brasileira, conforme dados do Agrofit.

Oitava etapa: Com base nas pesquisas realizadas, foi efetuada a apresentação dos resultados e considerações finais.

Teve-se comprometimento em citar todos os autores que foram utilizados no trabalho, com base nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CONTROLE BIOLÓGICO

O controle biológico de pragas e doenças está sendo cada vez mais estudado nos últimos anos. Sua prática pode ser definida como um fenômeno natural que consiste na regulação da quantidade de organismos presentes no ecossistema por inimigos naturais (BERTI FILHO; MACEDO, 2011). Visando essa possibilidade, microrganismos como fungos e bactérias estão ganhando cada vez mais espaço em trabalhos de pesquisas, na busca de organismos que venham a interromper de alguma forma as fases do ciclo da vida de pragas, reduzindo sua população e promovendo melhoria em condições das plantas (SANTOS, 2018).

Baker e Cook (1974)² *apud* BETTIOL, 1991 definiram controle biológico como uma redução da densidade de inóculo ou de atividades de uma doença provocada por um patógeno, de maneira natural ou através da manipulação do ambiente, como a introdução em massa de um ou mais agentes de controle. Já em 1996, controle biológico foi definido por Van Driesche e Bellows³ *apud* LIMA (2018) como o uso de populações de parasitas, predadores, patógenos, antagonistas e competidores para diminuir a população de pragas, tornando assim menos prejudicial à produção agrícola.

O controle biológico acontece de maneira natural em qualquer ecossistema, entretanto, o homem pode interferir, facilitando a ação dos agentes de controle biológico (FONTES; VALADARES-INGLIS, 2020). Essa técnica busca os preceitos básicos da introdução, conservação e multiplicação dos organismos, as quais determinarão os tipos de controle biológico (FILHO; MACEDO, 2011).

O equilíbrio biológico é buscado pelas pesquisas visando sustentabilidade no sistema agrícola, desta forma, os agentes de controle de pragas e doenças possuem um papel fundamental para a sustentabilidade no setor de produção de alimentos (BETTIOL; MORANDI, 2009).

O controle biológico aplicado se refere ao preceito da multiplicação e consiste em criações massais em laboratórios de parasitoides e predadores, para que estes sejam liberados no ambiente, buscando uma rápida redução da população da praga.

² BAKER, K. F.; COOK, R. J. **Biological control of plant pathogens**. San Francisco: W. H. Freeman, 1974. 433p.

³ VAN DRIESCHE, R. G; BELLOWES, T. S. JR. **Biological control**. New York, Chapman and Hall, 1996. P.539.

Este é o tipo de controle biológico mais aceito por produtores rurais (BERTI FILHO; MACEDO, 2011).

Os principais microrganismos estudados para o controle biológico de pragas e doenças são os fungos e as bactérias, destes, as bactérias pertencentes ao gênero *Bacillus* são as mais pesquisadas e usadas para o controle de patógenos em plantas (AMORIM *et al.*, 2018).

2.2 BACTÉRIAS

Os seres vivos são compostos por células, as quais são formadas por núcleo e citoplasma. Quando o núcleo celular ou carioteca é envolto por uma membrana, os organismos são chamados de eucarióticos, já os seres que não possuem células com carioteca, são chamados de procarióticos, como é o caso das bactérias (CARVALHO, 2010).

São seres vivos de estrutura simples, possuindo apenas um cromossomo o qual não é protegido por membrana (NOGUEIRA; SILVA FILHO, 2015). Pertencem ao reino Monera, sendo que uma de suas principais características é a obtenção de alimento somente por absorção, inclusive, nesses organismos, todos os processos vitais são realizados em apenas uma única célula (CARVALHO, 2010).

Sua parede celular é rígida, localizada acima da membrana citoplasmática, a qual tem como função impedir que a célula se rompa e atua também como uma barreira de proteção contra agentes externos (VIEIRA; FERNANDES, 2010).

A reprodução é de forma assexuada, por fissão binária ou cissiparidade, em que ocorre a replicação do cromossomo no qual uma célula se torna em duas, entretanto, esse não é a única maneira reprodutiva entre as bactérias, pode ocorrer também a esporulação e o brotamento (VIEIRA; FERNANDES, 2010). Elas podem estar organizadas de maneira isoladas ou em arranjos (NOGUEIRA; SILVA FILHO, 2015).

Em 1884, Christian Gram descreveu um método de coloração celular que separa as bactérias em dois grandes grupos, Gram positivas e Gram negativas. A parede celular das bactérias Gram positivas é mais grossa (30 - 100nm), já as bactérias do grupo de Gram negativas tem parede celular com espessura mais fina (20 - 30nm) e outra camada de membrana celular externa, que não existe nas Gram positivas (NOGUEIRA; SILVA FILHO, 2015). O processo de classificação de Gram é

importante, pois as bactérias classificadas como Gram positivas são sensíveis à penicilina e à sulfanamida (VIEIRA; FERNANDES, 2010).

As bactérias possuem diferentes tamanhos, variando geralmente de 1 a 10 μm , no entanto, tem casos que elas podem ser de 0,2 μm a 250 μm , além de possuírem diferentes formas, sendo em formato de cocos, bacilos, espirilos, espiroquetas e vibriões (NOGUEIRA; SILVA FILHO, 2015).

Os bacilos são células em forma de bastão ou cilíndricas, de diferentes tamanhos, com terminações quadradas, arredondadas, afiladas ou pontiagudas, é nesse grupo de formas se encontra as bactérias do gênero *Bacillus* (CARVALHO, 2010).

Algumas bactérias produzem endósporos. Os endósporos são formas dormentes das bactérias, com paredes grossas em que busca a resistência das células a condições adversas, como uma estratégia de sobrevivência, sendo que todas as bactérias do gênero *Bacillus* produzem endósporos (VIEIRA; FERNANDES, 2010).

Com o avanço da biotecnologia, se tornou possível utilizar os genes de uma bactéria com uma determinada característica de interesse, e inserir no material genético de outro ser vivo, como uma planta, gerando novos organismos geneticamente modificados, por exemplo, a soja transgênica (NOGUEIRA; SILVA FILHO, 2015), a qual possui genes da bactéria *Bacillus thuringiensis*.

2.3 O GÊNERO BACILLUS

O gênero *Bacillus* contém várias espécies importantes na microbiologia (NOGUEIRA; SILVA FILHO, 2015). Até 1990, os microrganismos da família Bacillaceae eram todos classificados como gênero *Bacillus* (MANDIC – MULEC *et al.*, 2015). No entanto, com o avanço de técnicas moleculares, a taxonomia está em constante modificação (OREM, 2018).

As bactérias desse gênero são Gram positivas, possuem forma de bastonete, são formadoras de endósporos, se encontram de forma isolada, em pares ou filamentos de diferentes tamanhos, sendo a maioria aeróbia, podendo ter motilidade através de flagelos ou serem imóveis (LOGAN; de VOS, 2009⁴ *apud* SANTOS, 2018).

Esses microrganismos se destacam por formar endósporos resistentes a condições adversas, apresentando versatilidade nos mecanismos de ação de inibir

⁴ LOGAN, N. A.; de VOS, P. **Genus I. *Bacillus*** Cohn 1872, Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. 174 AL. Vol3. **The firmicutes 2nd Edition**. 2009.

as defesas dos patógenos (BRAGA JUNIOR *et al.*, 2017), inclusive são resistentes a calor e a dessecação (SANTOS, 2018). Além de apresentar características de produção de enzimas hidrolíticas, que degradam a parede celular de outros microrganismos, oferecendo uma característica de micoparasitismo (ZAGO *et al.*, 2000⁵ *apud* BRAGA JUNIOR *et al.*, 2017).

São encontrados em todas as partes do planeta, como solos, superfícies de plantas, rizosfera, grãos armazenados, insetos mortos, entre outros locais (MONERAT *et al.*, 2020).

O gênero *Bacillus* está entre os microrganismos mais utilizados no biocontrole de doenças de plantas, por possuírem esporos tolerantes a adversidades, facilitando a sua comercialização e estoque (MONTEIRO, 2002). Outra vantagem das bactérias desse gênero é o seu crescimento rápido em meio líquido (SHODA, 2000⁶, *apud* OLIVEIRA, 2006).

Apesar do avanço em pesquisas de controle biológico com microrganismos, vale ressaltar que os organismos entomopatogênicos dificilmente devem ser utilizados de forma isolada no controle de pragas (BERTI FILHO; MACEDO, 2011).

As bactérias do gênero *Bacillus* são divididas em grupos de espécies que apresentam similaridade genética (SANTOS, 2018). Nesse gênero estão inseridas diversas espécies, entre elas *B. thuringiensis*, *B. subtilis*, *B. cereus*, *B. pumilus*, *B. amyloliquefaciens*, *B. licheniformis*, *B. methylophilus* e *B. megaterium* (MONNERAT *et al.*, 2020; OREM, 2018).

São muitas as aplicações das bactérias *Bacillus*, e o interesse da utilização de microrganismos na agricultura é crescente, pois estes apresentam desempenho na promoção de crescimento vegetal e controle de pragas e doenças de plantas (SOUZA, 2001⁷; PEIXOTO NETO; AZEVEDO; ARAÚJO, 2002⁸ *apud* SANTOS; VARAVALLO, 2011).

⁵ ZAGO, V. C. P.; DE POLLI, H.; RUMJANEK, N. G. *Pseudomonas* spp. Fluorescentes – Bactérias promotoras de crescimento de plantas e biocontroladoras de fitopatógenos em sistemas de produção agrícola. Serepédica: **Embrapa Agrobiologia**, 2000. 32p.

⁶ SHODA, M. Review: Bacterial control of plant diseases. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, 2000.

⁷ SOUZA, M. L. Utilização de microrganismos na agricultura. **Biotechnologia**, Piracicaba n. 21 p. 28-31, 2001.

⁸ PEIXOTO NETO, P. A. S.; AZEVEDO, J. L.; ARAÚJO, W. L. Microrganismos endofíticos em plantas: status atual e perspectivas. **Boletón Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, Santiago, v. 3, n. 4, p. 69-72, 2004.

2.4 CENÁRIO DE PESQUISAS E UTILIZAÇÃO DE BACILLUS NA AGRICULTURA NACIONAL E MUNDIAL

De acordo com informações do site National Library of Medicine, dos Estados Unidos, são inúmeras as espécies e genomas encontrados de bactérias do gênero *Bacillus* em todo o planeta. Dentre elas, existe um grande número de espécies que ainda não são aplicadas na produção agrícola, mas que estão sendo estudadas para possível utilização.

As espécies que apresentam algum grau de ação fungicida são *Bacillus tequilensis* (KWON, *et al.*, 2022), *B. paramycoides* (OCTARYA, *et al.*, 2023) e *B. safensis* (MATEUS, *et al.*, 2021). A nova espécie que está sendo estudada com ação inseticida é a bactéria *B. bombysepticus* (LIN, *et al.*, 2015) e com efeito nematocida a espécie *B. zanthoxyli* (LI, *et al.*, 2017).

As bactérias que oferecem indução de resistência as plantas são *B. proteolyticus* (YANG, *et al.*, 2023) e *B. xiamenensis* (XIA, *et al.*, 2020). Já as espécies inseridas no gênero *Bacillus* que são promotoras de crescimento vegetal que estão sendo estudadas recentemente são as *B. Mojavensis* (DANISH, *et al.*, 2022), *B. paralicheniformis* (XU, *et al.*, 2023), *B. stratosphericus* (NASCIMENTO; BRIGIDA, 2019), *B. cabrialessi* (VILLALOBOS, *et al.*, 2019), *B. siamensis* (GORAI, *et al.*, 2021) e *B. albus* (TRINH; NGUYEN; NGUYEN, 2023).

No Brasil, estudos recentes realizados pela Embrapa, mostram o desempenho do *B. aryabhataii* na agricultura. Em teste realizado com a inoculação da bactéria em mudas de cana-de-açúcar foi possível constatar que a espécie *B. aryabhataii* promove melhoria no desenvolvimento da cultura em condições de estresse hídrico (MAY, *et al.*, 2019). Com esse resultado da pesquisa, já estão sendo lançados e comercializados produtos no país a base de *B. aryabhataii* para utilização na produção agrícola com foco em melhorias da produção em situações de estresse hídrico.

2.5 PRODUTOS COMERCIAIS UTILIZADOS NA AGRICULTURA A BASE DE BACILLUS COMERCIALIZADOS NO BRASIL

Segundo a revista digital Biologicals Latam, o Brasil é o maior produtor e consumidor de produtos biológicos do mundo, isso coloca a agricultura brasileira como referência em pesquisas voltadas para uma produção agrícola sustentável.

Os quadros na sequência apresentam produtos registrados como Agrotóxicos no Brasil, que têm como Ingrediente Ativo bactérias do gênero *Bacillus*, sendo QUADRO 1, *Bacillus amyloliquefaciens*; QUADRO 2, *B. methylophilicus*; QUADRO 3, *B. velezensis*; QUADRO 4, *B. pumilus*; QUADRO 5, *B. subtilis*; QUADRO 6, *B. thuringiensis*; QUADRO 7, mistura de espécies de *Bacillus*. As informações específicas de cada produto foram retiradas das respectivas bulas no sítio do Sistema de Agrotóxicos Fitossanitário da Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/SDA do Ministério da Agricultura e Pecuária (AGROFIT, 2023).

QUADRO 1 – Cepas, Classe de uso e Alvos biológicos dos Agrotóxicos com o ingrediente ativo *Bacillus amyloliquefaciens*.

Cepas	Classe do produto	Alvo biológico
CBMAI 1301	Fungicida microbiológico	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> ; <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> .
PTA 4838	Nematicida microbiológico	<i>Heterodera glycines</i> ; <i>Meloidogyne incognita</i> ; <i>Pratylenchus brachyurus</i> .
UMAF6614	Nematicida microbiológico	<i>Meloidogyne incognita</i> ; <i>Meloidogyne javanica</i> ; <i>Pratylenchus brachyurus</i> .
MBI600	Fungicida, bactericida e nematicida microbiológico	<i>Botrytis cinerea</i> ; <i>Botrytis squamosa</i> ; <i>Cryptosporiopsis perennans</i> ; <i>Fusarium solani</i> ; <i>Meloidogyne incognita</i> ; <i>Meloidogyne javanica</i> ; <i>Phyllosticta citricarpa</i> ; <i>Pratylenchus brachyurus</i> ; <i>Pythium utimum</i> ; <i>Rhizoctonia solani</i> ; <i>Rotylenchulus reniformis</i> ; <i>Sphaerotheca fuliginea</i> ; <i>Streptomyces scabiei</i> ; <i>Ucinula necator</i> ; <i>Xanthomonas campestris</i> .
D - 747	Fungicida e bactericida microbiológico	<i>Alternaria dauci</i> ; <i>Alternaria porri</i> ; <i>Alternaria solani</i> ; <i>Botrytis cinerea</i> ; <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> ; <i>Cryptosporiopsis perennans</i> ; <i>Erysiphe polygoni</i> ; <i>Mycosphaerella fijiensis</i> ; <i>Phyllosticta citricarpa</i> ; <i>Podosphaera fuliginea</i> ; <i>Pythium utimum</i> ; <i>Rhizoctonia solani</i> ; <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> ; <i>Sphaerotheca fuliginea</i> ; <i>Ucinula necator</i> .
SIMBI BS 10	Fungicida e nematicida microbiológico	<i>Meloidogyne javanica</i> ; <i>Pratylenchus brachyurus</i> ; <i>Pratylenchus zeae</i> ; <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> .
IBSBF 3236	Fungicida microbiológico	<i>Botrytis cinerea</i> .

Continua...

Continuação

Cepas	Classe do produto	Alvo biológico
BV03	Fungicida e nematocida microbiológico	<i>Fusarium verticillioides</i> ; <i>Helicotylenchus dihystra</i> ; <i>Heterodera glycines</i> ; <i>Macrophomina phaseolina</i> ; <i>Meloidogyne incognita</i> ; <i>Meloidogyne javanica</i> ; <i>Pratylenchus brachyurus</i> .
CPQBA 040 - 11DRM 01; CPQBA 040 - 11DRM 04	Fungicida microbiológico	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> ; <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> ; <i>Colletotrichum truncatum</i> ; <i>Corynespora cassicola</i> ; <i>Fusarium solani</i> ; <i>Phaeospharia maydis</i> ; <i>Ramularia areola</i> ; <i>Rhizoctonia solani</i> .
CBMAI 2356	Nematicida microbiológico	<i>Pratylenchus brachyurus</i> .
CCT 7901	Fungicida microbiológico	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i> ; <i>Rhizoctonia solani</i> ; <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> .
IMA 411	Nematicida microbiológico	<i>Meloidogyne incognita</i> ; <i>Pratylenchus brachyurus</i> .
SVG 00027-B	Nematicida microbiológico	<i>Meloidogyne incognita</i> .
SVG 00028-B	Nematicida microbiológico	<i>Meloidogyne incognita</i> .

FONTE: Agrofit (2023).

QUADRO 2 – Cepas, Classe de uso e Alvos biológicos dos Agrotóxicos com o ingrediente ativo *Bacillus methylophilicus*

Cepas	Classe do produto	Alvo biológico
UFPEDA20	Nematicida microbiológico	<i>Meloidogyne javanica</i> ; <i>Pratylenchus brachyurus</i> .

FONTE: Agrofit (2023).

QUADRO 3 – Cepas, Classe de uso e Alvos biológicos dos Agrotóxicos com o ingrediente ativo *Bacillus velezensis*.

Cepas	Classe do produto	Alvo biológico
CCTB09	Fungicida microbiológico	<i>Cercospora kikuchii</i> ; <i>Cercospora zeae-maydis</i> ; <i>Cercosporidium personatum</i> ; <i>Colletotrichum acutatum</i> ; <i>Colletotrichum falcatum</i> ; <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> ; <i>Colletotrichum truncatum</i> ; <i>Septoria glycines</i> ; <i>Corynespora cassicola</i> ; <i>Exserohilum turcicum</i> ; <i>Hemileia vastatrix</i> ; <i>Puccinia triticina</i> ; <i>Ramularia areola</i> ; <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> ; <i>Spharotheca fuliginea</i> ; <i>Stenocarpella maydis</i> .
CNPS0 3602	Fungicida microbiológico	<i>Septoria glycines</i> .
FZB42	Nematicida microbiológico	<i>Meloidogyne incognita</i> ; <i>Pratylenchus brachyurus</i> .
CNPS0 3602	Fungicida e nematocida microbiológico	<i>Fusarium solani</i> ; <i>Heterodera glycines</i> ; <i>Meloidogyne incognita</i> ; <i>Rhizoctonia solani</i> ; <i>Macrophomina phaseolina</i> ; <i>Pratylenchus brachyurus</i> ; <i>Rhizoctonia solani</i> .

FONTE: Agrofit (2023).

QUADRO 4 – Cepas, Classe de uso e Alvos biológicos dos Agrotóxicos com o ingrediente ativo *Bacillus pumilus*.

Cepas	Classe do produto	Alvo biológico
QST 2808	Fungicida microbiológico	<i>Alternaria porri</i> ; <i>Alternaria solani</i> ; <i>Botrytis cinerea</i> ; <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> ; <i>Cryptosporiopsis perennans</i> ; <i>Sphaerotheca fuliginea</i> ; <i>Sphaerotheca macularis</i> ; <i>Uncinula necator</i> .
CNPSo3203	Fungicida microbiológico	<i>Cercospora kikuchii</i> ; <i>Corynespora cassicola</i> ; <i>Septoria glycines</i> .

FONTE: Agrofite (2023).

QUADRO 5 – Cepas, Classe de uso e Alvos biológicos dos Agrotóxicos com o ingrediente ativo *Bacillus subtilis*.

Cepas	Classe do produto	Alvo biológico
UFPEDA 764	Nematicida microbiológico	<i>Meloydogine javanica</i> ; <i>Pratylenchus brachyurus</i> .
BV09	Fungicida e nematicida microbiológico	<i>Fusarium oxysporum</i> ; <i>Meloidogyne exigua</i> ; <i>Meloidogyne incognita</i> ; <i>Meloidogyne javanica</i> ; <i>Meloidogyne paranaensis</i> ; <i>Pratylenchus zeae</i> .
BK-BS01	Fungicida e bactericida microbiológico	<i>Alternaria dauci</i> ; <i>Alternaria porri</i> ; <i>Botrytis cinerea</i> ; <i>Colletotrichum acutatum</i> ; <i>Cryptosporiopsis perennans</i> ; <i>Fusarium oxysporum</i> ; <i>Fusarium solani</i> ; <i>Mycosphaerella fijensis</i> ; <i>Pythium ultimum</i> ; <i>Rhizoctonia solani</i> ; <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> ; <i>Sphaeroteca fuliginea</i> ; <i>Sphaeroteca macularis</i> ; <i>Xanthomonas citri</i> ; <i>Xanthomonas vesicatoria</i> .
Y1336	Fungicida, bactericida e nematicida microbiológico	<i>Alternaria porri</i> ; <i>Botrytis cinerea</i> ; <i>Hemileia vastatrix</i> ; <i>Meloidogyne incognita</i> ; <i>Neofabraea perennans</i> ; <i>Pratylenchus zeae</i> ; <i>Ralstonia solanacearum</i> ; <i>Rhizoctonia solani</i> ; <i>Xanthomonas axonopodis</i> ; <i>Xanthomonas campestris</i> .
CNPSo 2657	Fungicida e nematicida microbiológico	<i>Heterodera glycines</i> ; <i>Meloydogine javanica</i> ; <i>Meloidogyne incognita</i> ; <i>Pratylenchus brachyurus</i> ; <i>Rhizoctonia solani</i> ; <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> .
BV02	Fungicida e nematicida microbiológico	<i>Colletotrichum truncatum</i> ; <i>Hemileia vastatrix</i> ; <i>Xanthomonas vesicatoria</i> ; <i>Uncinula necator</i> ; <i>Alternaria solani</i> ; <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> ; <i>Colletotrichum acutatum</i> ; <i>Pseudomonas syringae</i> ; <i>Phakopsora pachyrhizi</i> ; <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> ; <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> ; <i>Corynespora cassicola</i> ; <i>Botrytis cinerea</i> ; <i>Phaeosphaeria maydis</i> ; <i>Xanthomonas citri</i> ; <i>Ramularia areola</i> ; <i>Aspergillus ochraceus</i> .
QST 713	Fungicida e bactericida microbiológico	<i>Alternaria dauci</i> ; <i>Alternaria porri</i> ; <i>Botrytis cinerea</i> ; <i>Colletotrichum acutatum</i> ; <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> ; <i>Cryptosporiopsis perennans</i> ; <i>Fusarium oxysporum</i> ; <i>Mycosphaerella fijensis</i> ; <i>Pythium ultimum</i> ; <i>Rhizoctonia solani</i> ; <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> ; <i>Sphaeroteca fuliginea</i> ; <i>Sphaeroteca macularis</i> ; <i>Streptomyces scabies</i> ; <i>Xanthomonas citri</i> ; <i>Xanthomonas vesicatoria</i> .

Continua...

Continuação

Cepas	Classe do produto	Alvo biológico
UFPEDA 764	Nematicida microbiológico	<i>Meloydogine javanica</i> ; <i>Pratylenchus brachiurus</i>
BK-BS01	Fungicida e bactericida microbiológico	<i>Alternaria dauci</i> ; <i>Alternaria porri</i> ; <i>Botrytis cinerea</i> ; <i>Colletotrichum acutatum</i> ; <i>Cryptosporiopsis perennans</i> ; <i>Fusarium oxysporum</i> ; <i>Fusarium solani</i> ; <i>Mycosphaerella fijensis</i> ; <i>Pythiumultimum</i> ; <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> ; <i>Rhizoctoni solani</i> ; <i>Sohaeroteca fuliginea</i> ; <i>Sohaeroteca macularis</i> ; <i>Xanthomonas citri</i> ; <i>Xanthomonas vesicatoria</i> .
Y1336	Fungicida, bactericida e nematicida microbiológico	<i>Hemileia vastatrix</i> ; <i>Alternaria porri</i> ; <i>Botrytis cinerea</i> ; <i>Neofabraea perennans</i> ; <i>Rhizoctonia solani</i> ; <i>Xanthomonas campestris</i> ; <i>Ralstonia solanacearum</i> ; <i>Pratylenchus zeae</i> ; <i>Meloidogyne incognita</i> ; <i>Xanthomonas axonopodis</i>
QST 713	Fungicida e bactericida microbiológico	<i>Alternaria dauci</i> ; <i>Alternaria porri</i> ; <i>Botrytis cinerea</i> ; <i>Colletotrichum acutatum</i> ; <i>Colletotrichum gloesporioides</i> ; <i>Cryptosporiopsis perennans</i> ; <i>Fusarium oxysporum</i> ; <i>Mycosphaerella fijensis</i> ; <i>Pythium ultimum</i> ; <i>Rhizoctoni solani</i> ; <i>Sclerotinia slerotiorum</i> ; <i>Sphaeroteca fuliginea</i> ; <i>Sphaerotheca macularis</i> ; <i>Streptomyces scabies</i> ; <i>Xanthomonas citri</i> ; <i>Xanthomonas vesicatoria</i> .

FONTE: Agrofite (2023).

QUADRO 6 – Cepas, Classe de uso e Alvos biológicos dos Agrotóxicos com o ingrediente ativo *Bacillus thuringiensis*.

Cepas	Classe do produto	Alvo biológico
<i>Bacillus thuringiensis</i>		
CNPSO 3915	Fungicida e nematicida microbiológico	<i>Ceratocystis paradoxa</i> ; <i>Heterodera glycines</i> ; <i>Macrophomina phaseolina</i> ; <i>Meloidogyne exigua</i> ; <i>Meloidogyne javanica</i> ; <i>Pratylenchus brachyurus</i> ; <i>Rhizoctonia solani</i> ; <i>Rotylenchulus reniformis</i> .
Berliner	Inseticida microbiológico	<i>Ecdytolopha aurantiana</i> ; <i>Helicoverpa armigera</i> ; <i>Helicoverpa zea</i> ; <i>Plutella xylostella</i> ; <i>Thyrinteina arnobia</i> .
CBMAI 1398	Inseticida microbiológico	<i>Helicoverpa armigera</i> ; <i>Plutella xylostella</i> .
S234	Inseticida microbiológico	<i>Anticarsia gemmatilis</i> ; <i>Chrysodeixis includens</i> ; <i>Spodoptera frugiperda</i> .
<i>Bacillus thuringiensis</i> sub. espécie Aizawai		
GC-91	Inseticida microbiológico	<i>Bonagota salubricola</i> ; <i>Cryptoblabes gnidiella</i> ; <i>Diaphania hyalinata</i> ; <i>Diaphania nitidalis</i> ; <i>Ecdytolopha aurantiana</i> ; <i>Helicoverpa armigera</i> ; <i>Neoleucinodes elegantalis</i> ; <i>Plutella xylostella</i> ; <i>Pseudoplusia includens</i> ; <i>Rapholita molesta</i> ; <i>Spodoptera frugiperda</i> ; <i>Tuta absoluta</i> .
ABTS-1857	Inseticida microbiológico	<i>Ascia monuste orseis</i> ; <i>Chrysodeixis includens</i> ; <i>Plutella xylostella</i> ; <i>Spodoptera frugiperda</i> ; <i>Tuta absoluta</i> .

Continua...

Continuação

Cepas	Classe do produto	Alvo biológico
<i>Bacillus thuringiensis</i> sub. espécie Kurstaki		
EG 2348	Inseticida microbiológico	<i>Anticarsia gemmatilis</i> ; <i>Ascia monuste orseis</i> ; <i>Brassolis sophorae</i> ; <i>Diaphania nitidalis</i> ; <i>Ecdytolopha aurantiana</i> ; <i>Helicoverpa armigera</i> ; <i>Plutella xylostella</i> ; <i>Tuta absoluta</i> .
CCT 1306	Inseticida microbiológico	<i>Alabama argillacea</i> ; <i>Anticarsia gemmatilis</i> ; <i>Chrysodeixis includens</i> ; <i>Diaphania hyalinata</i> ; <i>Ecdytolopha aurantiana</i> ; <i>Erinnys ello</i> ; <i>Spodoptera frugiperda</i> ; <i>Thyrinteina arnobia</i> ; <i>Plutella xylostella</i> ; <i>Helicoverpa armigera</i> ; <i>Helicoverpa zea</i> .
S.A-12	Inseticida microbiológico	<i>Alabama argillacea</i> ; <i>Anticarsia gemmatilis</i> ; <i>Ascia monuste orseis</i> ; <i>Chrysodeixis includens</i> ; <i>Condylorrhiza vestigialis</i> ; <i>Cryptoblastes gnidiella</i> ; <i>Diaphania hyalinata</i> ; <i>Diaphania nitidalis</i> ; <i>Ecdytolopha aurantiana</i> ; <i>Grapholita molesta</i> ; <i>Helicoverpa armigera</i> ; <i>Neoleucinodes elegantalis</i> ; <i>Plutella xylostella</i> ; <i>Pseudaletia sequax</i> .
VBTS-2546	Inseticida microbiológico	<i>Ascia monuste orseis</i> ; <i>Chrysodeixis includens</i> ; <i>Plutella xylostella</i> ; <i>Spodoptera frugiperda</i> ; <i>Tuta absoluta</i> .
S.A-11	Inseticida microbiológico	<i>Helicoverpa armigera</i> ; <i>Pseudoplusia includens</i> .
SI905	Inseticida microbiológico	<i>Anticarsia gemmatilis</i> ; <i>Chrysodeixis includens</i> ; <i>Spodoptera frugiperda</i> .
HD-1S1450	Inseticida microbiológico	<i>Alabama argillacea</i> ; <i>Anticarsia gemmatilis</i> ; <i>Ascia monuste orseis</i> ; <i>Brassolis astyra astyra</i> ; <i>Brassolis sophorae</i> ; <i>Colias lesbia pyrrhothea</i> ; <i>Diaphania nitidalis</i> ; <i>Diaphania hyalinata</i> ; <i>Diatraea saccharalis</i> ; <i>Eacles imperialis magnifica</i> ; <i>Ecdytolopha aurantiana</i> ; <i>Erinnys ello</i> ; <i>Helicoverpa sp.</i> ; <i>Heliothis virescens</i> ; <i>Manduca sexta paphus</i> ; <i>Mocis latipes</i> ; <i>Opsiphanes invirae</i> ; <i>Plutella maculipennis</i> ; <i>Pseudoplusia includens</i> ; <i>Spodoptera frugiperda</i> ; <i>Strymon basalides</i> ; <i>Trichoplusia ni</i> .
<i>Bacillus thuringiensis</i> sub. espécie Tolworth		
344	Inseticida microbiológico	<i>Spodoptera frugiperda</i> .

FONTE: Agrofite (2023).

QUADRO 7 – Espécies, Cepas, Classe de uso e Alvos biológicos de Agrotóxicos com ingrediente ativo à base de mistura de *Bacillus*.

Espécie	Cepas	Classe do produto	Alvo biológico
<i>B. amyloliquefaciens</i>	CNPS03202	Fungicida e nematocida microbiológico	<i>Ceratocystis paradoxa</i> ; <i>Heterodera glycines</i> ; <i>Macrophomina phaseolina</i> ; <i>Meloidogyne exigua</i> ; <i>Meloidogyne javanica</i> ; <i>Pratylenchus brachyurus</i> ; <i>Rotylenchulus reniformis</i> ; <i>Rhizoctonia solani</i> .
<i>B. velezensis</i>	CNPS03202		
<i>B. thuringiensis</i>	CNPS03915		
<i>B. subtilis</i>	DSM 32155	Nematicida microbiológico	<i>Heterodera glycines</i> ; <i>Meloidogyne exigua</i> ; <i>Meloidogyne graminicola</i> ; <i>Meloidogyne incognita</i> ; <i>Meloidogyne javanica</i> ; <i>Pratylenchus brachyurus</i> ; <i>Pratylenchus zeae</i> ; <i>Radopholus similis</i> .
<i>B. licheniformis</i>	DSM 32154		
<i>B. subtilis</i>	ATCC 6051	Nematicida microbiológico	<i>Meloidogyne incognita</i> ; <i>Pratylenchus brachyurus</i> .
<i>B. licheniformis</i>	ATCC 12713		
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	CPQBA 040-11 DRM 10		
<i>B. paralicheniformis</i>	CH2970	Nematicida microbiológico	<i>Heterodera glycines</i> ; <i>Meloidogyne incognita</i> ; <i>Pratylenchus brachyurus</i> .
	CH0273		
<i>B. subtilis</i>	CH4000		
<i>B. subtilis</i>	CCTB04	Fungicida microbiológico	<i>Cercospora kikuchii</i> ; <i>Cercospora zeae-maydis</i> ; <i>Cercosporidium personatum</i> ; <i>Colletotrichum acutatum</i> ; <i>Colletotrichum falcatum</i> ; <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> ; <i>Colletotrichum truncatum</i> ; <i>Corynespora cassicola</i> ; <i>Exserohilum turcicum</i> ; <i>Hemileia vastatrix</i> ; <i>Puccinia tritica</i> ; <i>Ramularia areola</i> ; <i>Septoria glycines</i> ; <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> ; <i>Sphaerotheca fuliginea</i> ; <i>Stenocarpella maydis</i> .
<i>B. velezensis</i>	CCTB09		
<i>B. pumilus</i>	CCTB05		
<i>B. subtilis</i>	CCTB04	Fungicida microbiológico	<i>Blumeria graminis</i> ; <i>Cercospora kikuchii</i> ; <i>Cercospora zeae-maydis</i> ; <i>Cercosporidium personatum</i> ; <i>Colletotrichum acutatum</i> ; <i>Colletotrichum falcatum</i> ; <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> ; <i>Corynespora cassicola</i> ; <i>Drechslera teres</i> ; <i>Drechslera tritici-repentis</i> ; <i>Exserohilum turcicum</i> ; <i>Gibberella zeae</i> ; <i>Hemileia vastatrix</i> ; <i>Puccinia hordei</i> ; <i>Puccinia tritica</i> ; <i>Ramularia areola</i> ; <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> ; <i>Septoria glycines</i> ; <i>Sphaerotheca fuliginea</i> ; <i>Stenocarpella maydis</i> .
<i>B. velezensis</i>	CCTB09		
<i>B. pumilus</i>	CCTB05		
<i>B. subtilis</i>	CNPS02720	Fungicida microbiológico	<i>Septoria glycines</i> .
<i>B. velezensis</i>	CNPS03602		
<i>B. subtilis</i>	ATCC 6051	Nematicida microbiológico	<i>Meloidogyne incognita</i> ; <i>Pratylenchus brachyurus</i> .
<i>B. licheniformis</i>	ATCC 12713		
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	CPQBA 040-11 DRM 10		

Continua...

Continuação

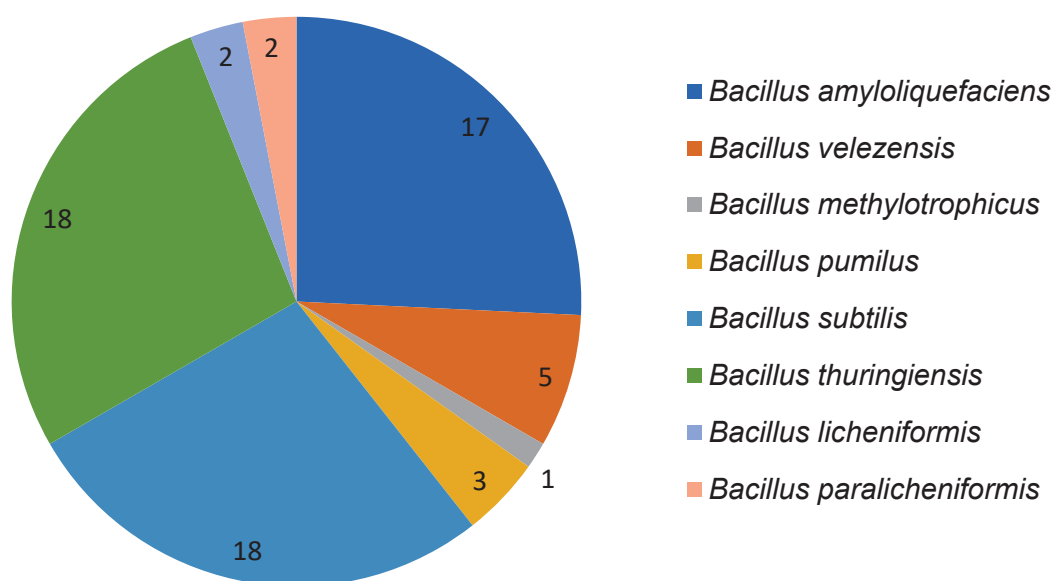
Espécie	Cepas	Classe do produto	Alvo biológico
<i>B. velezensis</i>	RTI301	Fungicida microbiológico	<i>Colletotrichum dematium</i> ; <i>Fusarium oxysporum</i> ; <i>Pythium aphanidermatum</i> ; <i>Pythium utimum</i> ; <i>Rhizoctonia solani</i> .
<i>B. subtilis</i>	RTI477		
<i>B. velezensis</i>	RTI301	Fungicida microbiológico	<i>Corynespora cassicola</i> ; <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> .
<i>B. subtilis</i>	RTI477		
<i>B. subtilis</i>	DSM32155	Nematicida microbiológico	<i>Heterodera glycines</i> ; <i>Meloidogyne exigua</i> ; <i>Meloidogyne graminicola</i> ; <i>Meloidogyne incognita</i> ; <i>Meloidogyne javanica</i> ; <i>Pratylenchus brachyurus</i> ; <i>Pratylenchus zeae</i> ; <i>Radopholus similis</i> .
<i>B. paralicheniformis</i>	DSM32154		
<i>B. amyloliquefaciens</i>	SVG 00027-B	Nematicida microbiológico	<i>Meloidogyne incognita</i> .
	SVG 00028-B		
<i>B. subtilis</i>	SVG 00030-B		
<i>B. thuringiensis</i>	SVG 00029-B	Inseticida microbiológico	<i>Chrysodeixis includens</i> ; <i>Spodoptera frugiperda</i> .
<i>B. thuringiensis</i>	1641		
	1644		

FONTE: Agrofit (2023).

3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

O Gráfico 1 mostra a comparação entre a representatividade de cepas de cada espécie de *Bacillus* em Agrotóxicos registrados no Brasil.

GRÁFICO 1 – Comparação da representatividade de cepas de cada espécie de *Bacillus* em Agrotóxicos registrados no Brasil.



FONTE: Agrofit (2023).

Como mostra o Gráfico 1, as espécies que mais possuem cepas registradas na agricultura brasileira, segundo o site Agrofit, são *B. subtilis* e *B. thuringiensis*, 18 cepas cada uma.

De acordo com os quadros 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7, as bactérias pertencentes ao gênero *Bacillus* apresentam versatilidade no controle de pragas na agricultura. As espécies *B. amyloliquefaciens* e *B. subtilis* possuem ação nematicida, fungicida e bactericida. A espécie *B. velezensis* têm ação fungicida e nematicida. As espécies *B. methylotrophicus*, *B. paralicheniformis* e *B. licheniformis* mostram ação nematicida e a espécie *B. pumilus* com ação fungicida. As bactérias pertencentes à espécie *B. thuringiensis* têm desempenho nematicida, fungicida e inseticida.

Essas bactérias vêm apresentando um papel importante na agricultura, com a diversidade de cepas, controlam as principais espécies de nematoides, têm ação a

muitos fungos biotróficos, hemibiotróficos e necrotróficos e controlam também algumas bactérias, apresentando assim um grande número de alvos que são os principais agentes biológicos causadores de prejuízos na produção agrícola.

Além da ação direta sobre o patógeno, algumas espécies estão apresentando indução de resistência e promoção de crescimento nas plantas, ativando mecanismos que ainda estão sendo estudados por pesquisadores no mundo todo, mostrando que o controle biológico é uma ferramenta crescente, inovadora e que têm muito a ser explorada.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de agentes biológicos na agricultura, para controlar pragas e doenças ou promover crescimento de plantas, é a inovação na produção agrícola atualmente. É grande a expectativa da utilização de bactérias do gênero *Bacillus* na agricultura, contudo, ainda se têm dúvidas da melhor forma de manipular esses agentes, como armazenamento, prazo de validade, misturas com outros produtos fitossanitários, multiplicação desses microrganismos, recomendação técnica especializada e aceitação do produtor rural diante essa tecnologia.

Entretanto, existem inúmeras pesquisas realizadas no mundo todo para verificar o desempenho de microrganismos na agricultura, e atualmente, o Brasil é o país com maior número de utilização do controle biológico no mundo. Investimentos bilionários em pesquisas através de órgãos governamentais, e empresas pequenas, médias e grandes, inclusive multinacionais do setor químico, mostram um futuro promissor na utilização de bioinsumos na agricultura, tornando esta mais produtiva e sustentável.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitário**. Consulta Aberta. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/DAS. Disponível em <https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em diversas datas em junho de 2023.
- AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; FILHO, A. B. **Manual de Fitopatologia**. Volume I. 5ª edição. Minas Gerais: Agronômica Ceres Ltda, 2018.
- ARAUJO, F. F. Inoculação de sementes com *Bacillus subtilis*, formulado com farinha de ostra e desenvolvimento de milho, soja e algodão. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 456-462, 2008. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/cagro/a/tcQRWMBs9NnvztnZddrhjQy/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em 18 de maio de 2023.
- BERTI FILHO, E.; MACEDO, L. P. M. **Fundamentos de Controle Biológico de Insetos Praga**. Natal: IFRN, 2011. Disponível em <<https://memoria.ifrn.edu.br/bitstream/handle/1044/1065/Fundamentos%20de%20Controle%20Biologico%20de%20Insetos-Praga%20-%20Ebook.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em 06 de junho de 2023.
- BETTIOL, W. **Controle biológico de doenças de plantas**. Jaguariúna: Embrapa, 1991.
- BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. (ed). **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. São Paulo, 2009. Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/17182/1/livro_biocontrole.pdf> Acesso em 06 de junho de 2023.
- BIOLOGICALS LATAM. **El caldo de cultivo de donde emerge la nueva generación de biofungicidas**. Disponível em: <<https://biologicalslatam.com/ed/03/>>. Acesso em 03 de julho de 2023.
- BRAGA JUNIOR, G. M. *et al.*, **Controle biológico de fitopatógenos por *Bacillus subtilis* in vitro**. Biota Amazônia, 2017. Macapá, v. 7, n. 3, p. 45-51, 2017 Disponível em <<https://core.ac.uk/download/pdf/233921686.pdf>> Acesso em 06 de junho de 2023.
- BRAND, D., *et al.*, Production of fungal biological control agents through solid state fermentation: a case study on *Paecilomyces lilacinus* against root-knot nematodes. **Micologia Aplicada Internacional**. v. 22. n. 1. p. 31-48, 2010. Disponível em <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=68512102004>> Acesso em 18 de maio de 2023.
- CARVALHO, I. T. de. **Microbiologia Básica**. Pernambuco: UFRPE / CODAI, 2010. Disponível em <https://pronatec.ifpr.edu.br/wp-content/uploads/2013/06/Microbiologia_Basica.pdf> Acesso em 06 de junho de 2023.

Conjunto de dados NCBI. Bacilo. National Library of Medicine. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/datasets/taxonomy/1386/>>. Acesso em 02 de maio de 2023.

DANISH, M. et al. **Bacillus mojavensis, a Metal-Tolerant Plant Growth-Promoting Bacterium, Improves Growth, Photosynthetic Attributes, Gas Exchange Parameters, and Alkalo-Polyphenol Contents in Silver Nanoparticle (Ag-NP)-Treated Withania somnifera L. (Ashwagandha).** ACS Omega, 2022. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acsomega.2c00262>>. Acesso em 30 de junho de 2023.

DORSA, A. C. O papel da revisão da literatura na escrita de artigos científicos. **Interações.** Campo Grande, MS, v. 21, n. 4, out./dez. 2020. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/inter/a/cts4sLz6CkZYQfZWBS4Lbr/?lang=pt&format=pdf>> Acesso em 06 de junho de 2023.

FONTES, E. M. G.; VALADARES-INGLIS, M. C. (ed) **Controle biológico de pragas da agricultura.** Brasília, 2020. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/212490/1/CBdocument.pdf>> Acesso em 06 de junho de 2023.

GORAI, P. S. et al. *Bacillus siamensis* CNE6 – a multifaceted plant growth promoting endophyte of Cicer arietinum L. having broad spectrum antifungal activities and host colonizing potential. **Pub Med**, 2021. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34536676/>>. Acesso em 30 de junho de 2023.

GOV.BR. **O programa bioinsumos.** Conselho estratégico do programa nacional. Dezembro, 2020. Disponível em <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos/o-programa/conselho-estrategico-do-programa-nacional>> Acesso em 06 de junho de 2023.

KWON, H.T. et al. Identification and Characterization of *Bacillus tequilensis* GYUN-300: An Antagonistic Bacterium Against Red Pepper Anthracnose Caused by *Colletotrichum acutatum* in Korea. **Frontiers**, 2022. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2022.826827/full>>. Acesso em 30 de junho de 2023.

LACERDA, J. T. de; CARVALHO, R. A. Descrição e manejo integrado da mosca-branca (*Bemisia spp.*) transmissora de geminivírus em culturas econômicas. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 2, n. 2, p. 15 – 22, jun. 2008.

LI, M. et al. *Bacillus zanthoxyli* sp. nov., a novel nematicidal bacterium isolated from Chinese red pepper (*Zanthoxylum bungeanum* Maxim) leaves in China. **Pub Med**, 2017. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28550345/>>. Acesso em 30 de junho de 2023.

LIMA, D. S. **Identificação e caracterização dos metabólitos secundários ativos secretados pela bactéria *Bacillus velezensis* que causam inibição no crescimento de fungos filamentosos fitopatogênicos**. 2018. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/87/87131/tde-25072019-095221/>. Acesso em 30 de junho de 2023.

LIN, P. et al. PC, a Novel Oral Insecticidal Toxin from *Bacillus bombysepticus* Involved in Host Lethality via APN and BtR-175. **Scientific reports**, 2015. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/srep11101>>. Acesso em 30 de junho de 2023.

MANDIC – MULEC, I.; STEFANIC, P.; VAN ELSAS, J. D. Ecology of Bacillaceae. **Microbiology Spectrum**, 2015. Disponível em <https://journals.asm.org/doi/epub/10.1128/microbiolspec.tbs-0017-2013>> Acesso em 06 de junho de 2023.

MATEUS, J. R. et al. *Bacillus velezensis* T149-19 and *Bacillus safensis* T052-76 as Potential Biocontrol Agents against Foot Rot Disease in Sweet Potato. **Agriculture**, 2021. Disponível em: https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/icict/49778/FabioFariaMota_et_al_IOC_2021.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Acesso em 30 de junho de 2023.

MAY, A. et al. **Promoção de crescimento de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar inoculadas com *Bacillus aryabhatai* em diferentes frequências de irrigação**. Embrapa, 2019. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1107857/1/boletim80Andre.pdf>> Acesso em 30 de junho de 2023.

MELO, I. S. Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas: descrição e potencial de uso na agricultura. MELO, I.S; AZEVEDO, J. L. In: **Ecologia microbiana** – Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 1998. p. 87-117 Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/207158/1/Melo-Rizobacterias.pdf>> Acesso em 18 de maio de 2023.

MONNERAT, R. et al. **Manual de produção e controle de qualidade de produtos biológicos à base de bactérias do gênero *Bacillus* para uso na agricultura**. Brasília, 2020. Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/213246/1/documentos-36916.pdf>> Acesso em 06 de junho de 2023.

MONTEIRO, L. **Produção de substâncias bioativas de *Bacillus* spp. contra *Xanthomonas campestris* pv. *campestris***. Recife: UFPE. Programa de Pós-graduação em Biotecnologia de Produtos Bioativos. Dissertação. Mestrado em Biotecnologia 2002, 74 p. Disponível em https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/1304/1/arquivo4388_1.pdf>. Acesso em 06 de junho de 2023.

NASCIMENTO, T. M. do; BRIGIDA, A. I. S. **Estudo das fontes de carbono para produção de *Bacillus stratosphericus***. UFC, 2019. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufc.br/eu/article/view/53306>>. Acesso em 30 de junho de 2023.

NOGUEIRA, A. V; SILVA FILHO, G. N. **Microbiologia**. 1ª edição. Florianópolis: Biologia / EaD/UFSC, 2015. Disponível em <<https://antigo.uab.ufsc.br/biologia/files/2020/08/Microbiologia.pdf>> Acesso em 06 de junho de 2023.

OCTARYA, Z. et al. Production of antifungal compounds from *Bacillus paramycoides* LBKURCC218 and *Aspergillus fumigatus* LBKURCC269 co-cultivation. **Materials today: Proceedings**, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221478532300946X>. Acesso em 30 de julho de 2023.

OREM, J. C. de. **Diversidades funcional e filogenética de Bactérias aeróbias formadoras de endósporos isoladas de solo**. Brasília – DF: Universidade de Brasília. Programa de Pós-graduação em Biologia Microbiana. Tese, Doutorado em Biologia Microbiana, 2018, 98 p. Disponível em <<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/626783>> Acesso em 06 de junho de 2023.

PICANÇO, M. C. **Manejo Integrado de Pragas**. Viçosa, 2010. Disponível em <https://www.ica.ufmg.br/wp-content/uploads/2017/06/apostila_entomologia_2010.pdf> Acesso em 10 de junho de 2023.

RATZ, R. J. **Uso de bactérias do gênero *Bacillus* como promotora de crescimento para a cultura do milho e da soja**. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo. Programa de Pós-graduação em Engenharia Química. Dissertação de Mestrado e, Engenharia Química, 2014, 71 p.. Disponível em <<https://tede.unioeste.br/bitstream/tede/1855/1/Raquel%20Jackeline%20Ratz.pdf>> Acesso em 10 de junho de 2023.

SANTOS, J. B. dos. **Seleção de estirpes de *Bacillus* spp. tóxicas a *Meloidogyne* spp. e promotoras de crescimento vegetal**. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Programa de Pós-graduação em Agronomia, 2018, 121 p. Disponível em <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/32893/1/2018_J%C3%B4natasBarrosdosSantos.pdf> Acesso em 06 de junho de 2023.

SANTOS, T. T. dos; VARAVALLO, M. A. Aplicação de microrganismos endofíticos na agricultura e na produção de substâncias de interesse econômico. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, 2011. Disponível em: <<https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/seminabio/article/view/8241/9083>> Acesso em 20 de junho de 2023.

TRINH, L. L; NGUYEN, A. M. L; NGUYEN, H. H. Root-associated *bacteria Bacillus albus* and *Bacillus proteolyticus* promote the growth of peanut seedlings and protect them from the aflatoxigenic *Aspergillus flavus* CDP2. **Elsevier**, 2023. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878818122003097>>. Acesso em 30 de junho de 2023.

VIEIRA, D. A. P; FERNANDES, N. C. A. Q. **Microbiologia Geral**. Goiás: e-TEC Brasil, 2010. Disponível em <https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/12/05_microbiologia_geral.pdf> Acesso em 10 de junho de 2023.

VILLALOBOS, S. de los S. et al. *Bacillus cabrialesii* sp. nov., an endophytic plant growth promoting bacterium isolated from wheat (*Triticum turgidum* subsp. *durum*) in the Yaqui Valley, Mexico. **International journal of systematic and evolutionary microbiology**, 2019. Disponível em: <<https://www.microbiologyresearch.org/content/journal/ijsem/10.1099/ijsem.0.003711>>. Acesso em 30 de junho de 2023.

XIA, A. Y. et al. Multi-stress tolerant PGPR *Bacillus xiamenensis* PM14 activating sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) red rot disease resistance. **Elsevier**, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0981942820301856>>. Acesso em 30 de junho de 2023.

XU, Jinzhi. et al. *Bacillus paralicheniformis* RPo1 Enhances the Expression of Growth-Related Genes in Cotton and Promotes Plant Growth by Altering Microbiota inside and outside the Root. **Pub Med**, 2023. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10138817/>>. Acesso em 30 de junho de 2023.

YANG, P. et al. *Bacillus proteolyticus* OSUB18 triggers induced systemic resistance against bacterial and fungal pathogens in Arabidopsis. **Frontiers**, 2023. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2023.1078100/full>>. Acesso em 30 de junho de 2023.