

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

NATHÁLIA AMORIM FRACASSI

MICROORGANISMOS BENÉFICOS NA CULTURA DA SOJA

PATO BRANCO

2022

NATHÁLIA AMORIM FRACASSI

MICROORGANISMOS BENÉFICOS NA CULTURA DA SOJA

Beneficial microorganisms for soybean culture

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia do Curso de Bacharelado em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Taciane Finatto, Prof.^a Dr.^a

PATO BRANCO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

NATHÁLIA AMORIM FRACASSI

MICROORGANISMOS BENÉFICOS NA CULTURA DA SOJA

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Agronomia do Curso de
Bacharelado em Agronomia da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Data de aprovação: 29/novembro/2022

Taciane Finatto
Doutorado em Agronomia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Gilberto Santos Andrade
Doutorado em Entomologia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Leila Ines Wiggers Mafessoni
Engenharia Agrônômica
Coopertradição

PATO BRANCO
2022

AGRADECIMENTOS

Gostaria primeiramente, de agradecer aos meus fracassos, foram eles que me fizeram chegar até aqui. Hoje compreendo e vejo com clareza, que o melhor sempre acontecerá no momento certo.

Gostaria de agradecer a minha mãe Monica e avó Julieta, que sempre me apoiaram e me deram as palavras de carinho que eu precisava ouvir. Elas me fizeram ser forte.

Gostaria de deixar registrado também, o reconhecimento ao meu namorado Lucas, por todo apoio, carinho e compreensão.

A minha orientadora Taciane, por toda paciência, ajuda e inspiração.

Aos demais professores da UTFPR, por todo conhecimento transmitido.

Aos meus amigos e colegas, que fizeram tudo ser mais leve durante esses anos.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram na minha trajetória.

RESUMO

A presente revisão bibliométrica buscou analisar o panorama das produções acadêmicas referentes à utilização de microrganismos benéficos na cultura da soja na plataforma Web of Science. Para tal, foram inseridas as palavras-chaves: “soybean”, “beneficial microorganisms” e “agriculture”. Foi solicitado para que a busca não retornasse publicações que contivessem a palavra-chave “*Bradyrhizobium*”, porque este é um microrganismo chave para a cultura da soja que já dispõe de literatura acerca e ofuscaria a busca sobre outros microrganismos já existentes. A busca resultou em 55 estudos, que após uma triagem, foram selecionados 22 artigos mais condizentes com o tema supracitado, publicados no período de 2010 a 2022. Os critérios escolhidos para analisar os dados foram: periódicos, anos, autorias, países e palavras-chaves. A busca mostrou que: a) os artigos foram referenciados 503 (quinhentos e três) vezes em outros estudos; b) O país que mais produziu conteúdo científico foi a China; c) A instituição que mais publicou artigos foi a EMBRAPA; d) A maioria dos artigos abordam a diversidade de microrganismos que compõem a rizosfera. Além disso, também foi realizada a compilação dos efeitos dos estudos e apenas 6 estudos relataram sobre os efeitos diretos dos microrganismos, seja na produtividade da cultura da soja ou no controle biológico de pragas e doenças. O conhecimento acerca do tema ainda é incipiente, visto que o primeiro estudo pela comunidade científica foi publicado em 2010. No entanto, há outras vertentes a serem abordadas relacionadas aos benefícios da utilização desses microrganismos na cultura da soja.

Palavras-chave: bioinsumos; soja; microrganismos; *glycine max*; agricultura.

ABSTRACT

This bibliometric review analyses the panorama of academic studies referring to the use of beneficial microorganisms in the soybean culture in the platform Web of Science. To achieve this, the keywords “soybean”, “beneficial microorganisms” and “agriculture” were utilised in the search. It was specified in the search not to include articles that contain the keyword “Bradyrhizobium” because ultimately this is a key microorganism for the soy culture that already has available studies and would overshadow studies regarding other microorganisms. The search resulted in 55 articles, from which 22 articles were more aligned with the aforementioned theme and were selected using a triage process. These chosen articles were published in the period from 2010 to 2022. The criteria selected to analyse the data were: newspapers, years, authors, countries and keywords. The search showed that: a) the articles were referenced 503 (five hundred and three) times in other studies; b) The country that most produced scientific content was China; c) EMBRAPA was the institution that published more articles related to the theme; d) Most of the items involve the diversity of microorganisms that make up the rhizosphere. In addition, from the studies’ results compiled, only 6 reported direct effects of microorganisms, either on soybean crop productivity or on the biological control of pests and diseases. The knowledge about the topic is still incipient, given that the first study in the scientific community was published in 2010. However, there are other points of reference that could be explored related to the benefits of using microorganisms in soybean culture.

Keywords: bio-inputs; soybean; microorganisms; *glycine max*; agriculture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Escala fenológica da soja	14
Figura 2 – Importantes mecanismos de microrganismos promotores de crescimento de plantas	16
Figura 3 – Fluxograma de busca e triagem na plataforma Web of Science, criado no Canva	20
Figura 4 – Gráfico sobre a produção científica anual indexados na plataforma Web of Science, criado no Canva	21
Figura 5 – Gráfico sobre a produção científica por países indexados na plataforma Web of Science, criado no Canva	22
Figura 6 – Nuvem palavras-chaves mais citadas nos trabalhos científicos	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade de citações por periódico científico	23
---	-----------

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Informações condensadas (1-5) de publicações extraídas da base de dados Web of Science	26
Quadro 2 – Informações condensadas (6-9) de publicações extraídas da base de dados Web of Science	27
Quadro 3 – Informações condensadas (10-12) de publicações extraídas da base de dados Web of Science	28
Quadro 4 – Informações condensadas (13-15) de publicações extraídas da base de dados Web of Science	29
Quadro 5 – Informações condensadas (16-18) de publicações extraídas da base de dados Web of Science	30
Quadro 6 – Informações condensadas (19-21) de publicações extraídas da base de dados Web of Science	31
Quadro 7 – Informações condensadas (22) de publicações extraídas da base de dados Web of Science	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Abreviaturas

art.	Artigo
cap.	Capítulo
sec.	Seção

Siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
EPS	<i>Encapsulated PostScript</i>
PDF	Formato de Documento Portátil, do inglês <i>Portable Document Format</i>
PS	<i>PostScript</i>
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LISTA DE SÍMBOLOS

Letras Latinas

A	Área	$[m^2]$
L	Comprimento	$[m]$
R	Raio	$[m]$

Letras Gregas

μ	Viscosidade dinâmica	$[kg/(m \cdot s)]$
ν	Viscosidade cinemática	$[m^2/s]$
π	Pi (constante circular)	$[rad]$
ρ	Massa específica	$[kg/m^3]$
σ	Tensão superficial	$[N/m]$

Sobrescritos

+	Passo de tempo posterior
-	Passo de tempo anterior
0	Valor inicial

Subscritos

G	Fase gasosa
L	Fase líquida
S	Fase sólida

Notações

$\bar{\Psi}$	Média temporal
$\langle \Psi \rangle$	Média na seção transversal
$\langle\langle \Psi \rangle\rangle$	Média na seção transversal ponderada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Considerações iniciais	12
1.2	Objetivos	12
1.2.1	Objetivo Geral	12
1.2.2	Objetivos Específicos	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	A cultura da soja	13
2.2	Microrganismos benéficos na cultura da soja	15
2.2.1	Bactérias do gênero <i>Bacillus</i>	17
2.2.2	Bactérias do gênero <i>Pseudomonas</i>	18
2.2.3	Fungos do gênero <i>Beauveria</i>	18
2.2.4	Fungos do gênero <i>Metarhizium</i>	18
2.2.5	Fungos do gênero <i>Trichoderma</i>	19
2.2.6	Vírus da Família <i>Baculoviridae</i>	19
3	MATERIAL E MÉTODOS	20
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5	CONCLUSÕES	33
	REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

A soja é uma cultura chave para o agronegócio brasileiro. A dominância da produção mundial do grão pelo Brasil provém principalmente do retorno financeiro e da multifuncionalidade do grão. De acordo com (COSTA; SANTANA, 2013a), a cultura rica em lipídeos e proteínas, por sua versatilidade pode ser utilizada na alimentação humana, na produção de óleo vegetal, biocombustíveis e principalmente, na produção de farelo proteico, destinado à nutrição animal.

Para o estado do Paraná, o grão apresenta grande relevância, com aproximadamente 5,618 milhões de hectares de área plantada e com a produção alcançando a margem dos 19,872 milhões de toneladas, segundo o levantamento da safra de 2020/2021 realizado pela (CONAB, 2022), o estado ocupa o terceiro lugar como maior produtor brasileiro de soja.

A cultura da soja vem sendo estabelecida a partir de um modelo de agricultura moderna industrial que demanda a utilização de recursos não renováveis como fertilizantes químicos, defensivos, mecanização, variedades geneticamente modificadas e demais particularidades para sua manutenção (CAVALETT, 2008). Contudo, apesar dos avanços da pesquisa, as plantas em estado de equilíbrio e que podem alcançar maior potencial produtivo são indicação de ambientes que exibem uma fertilidade de solo adequada e que, sobretudo, seja um solo com alta diversidade microbológica (SANTOS; VARAVALLO, 2011).

Nesse contexto, o tema 'microrganismos benéficos na cultura da soja' estudado pela comunidade científica mundial, converge com um dos desafios atuais da sociedade contemporânea: a produção de alimentos para todos de forma mais amigável à natureza. Tal iniciativa é realizável com a adoção de tecnologias sustentáveis, sendo uma delas a utilização de bioinsumos que podem ser requeridos durante diversas fases da produção.

A soja é a cultura que mais contribuiu para a ascensão do uso de bioinsumos no Brasil. Primeiramente, pela prática de inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio que e também pelo controle biológico de pragas e doenças. Atualmente, a tecnologia tem o amparo da legislação com políticas que regulamentam e incentivam o uso de bioinsumos no manejo das culturas como o Programa Nacional de Bioinsumos instituído pelo Decreto nº10.375, realizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Uma das questões que permeiam a produção agrícola é a utilização de bioinsumos como alternativa ou complemento de fertilizantes ou agrotóxicos, o que. Anteriormente, tal uso só era difundido na agricultura orgânica ou agroecológica., São diversas as aplicabilidades dos microrganismos no ciclo produtivo das culturas, podendo ser inoculados na semente, aplicados no sulco de semeadura ou também na parte aérea da planta.

A revisão de literatura possui como propósito fornecer uma análise da parte integral do desenvolvimento da ciência acerca de um tema específico, mediante a compilação de informações de diferentes estudos, permitindo aos cientistas o acesso aos trabalhos mais relevantes (FIGUEIREDO, 1990).

Diante disso, o presente trabalho tem por finalidade expor as pesquisas acadêmicas sobre microrganismos benéficos na cultura da soja, que vêm sendo estudados pela comunidade científica mundial e publicadas na plataforma Web of Science. Em síntese, realizou-se uma pesquisa qualitativa e descritiva, através de revisão sistemática de literatura, com o propósito de compreender as lacunas da pesquisa e obter o panorama dos avanços científicos.

1.1 Considerações iniciais

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Levantar, reunir e analisar resultados de periódicos científicos indexados na Web of Science, que abordam sobre os microrganismos benéficos na cultura da soja.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar periódicos científicos que apresentam microrganismos e efeitos que favoreçam a produtividade na cultura da soja.
- Analisar os efeitos de microrganismos benéficos na cultura da soja.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura da soja

Os primeiros relatos de cultivo da cultura da soja *Glicine max* (L.) Merrill é de aproximadamente cinco mil anos na China. Acredita-se que o Leste Asiático seja o centro genético primário e a região Central da China, o centro genético secundário (THOMAS; COSTA, 1996).

A soja *Glicine max* (L.) Merrill é uma planta da família das leguminosas, da subfamília Fabaceae e é considerada a principal cultura do agronegócio brasileiro. Conforme Costa e Santana (2013b), a cultura rica em lipídeos e proteínas, pode ser utilizada como matéria prima de muitos produtos, como na alimentação humana, na produção de óleo vegetal, biocombustíveis e principalmente, na produção de farelo proteico, destinado para a nutrição animal. Por decorrência, é considerada um dos principais produtos de exportação agrícola nacional, contribuindo significativamente para o crescimento econômico do país.

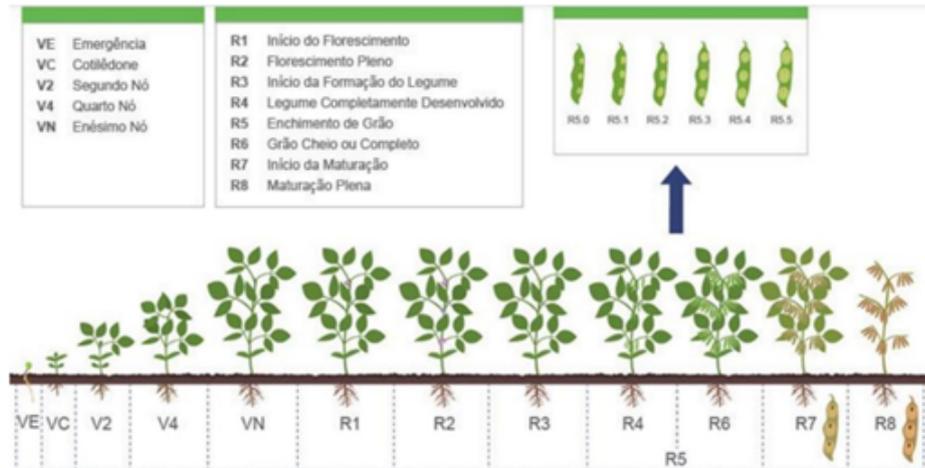
O Brasil é o maior produtor e exportador mundial da cultura da soja, e conforme dados do 10º Levantamento da Conab (2022), a colheita da safra de grãos de soja 2021/22, obteve a produção de 125.552,3 milhões de toneladas, apesar do número expressivo que mantém o Brasil ainda em líder na produção, isso corresponde a uma redução de 9,9% à safra anterior, em decorrência do fenômeno La Ninã, que promoveu o déficit hídrico nas regiões Sul, São Paulo e Mato Grosso do sul. Mesmo assim, a tendência é que o Brasil se perpetue na liderança da produção, pois a demanda pela cultura é alta e cada vez menos os países possuem áreas para expandir a produção, como o Brasil apresenta (LUZ *et al.*, 2022).

A soja é uma planta de ciclo anual, que possui características morfológicas influenciadas pelo ambiente, podendo ter um ciclo precoce (ciclo de 75 dias) ou ciclo tardio (até 200 dias), de hábitos determinado, indeterminado ou semideterminado, seu comprimento pode variar de 30 a 200 cm, influenciando a quantidade de ramificações (HEIFFIG *et al.*, 2006).

As condições edafoclimáticas requisitadas para o desenvolvimento e produtividade da cultura são: a temperatura, o fotoperíodo e a oferta hídrica. A soja se desenvolve melhor em regiões com temperaturas acima de 10 °C e inferiores a 40 °C, sendo a temperatura ideal para o desenvolvimento em torno de 30 °C e de 25 °C para a germinação; A necessidade fotoperiódica dependerá do fotoperíodo crítico de cada cultivar, acima deste, retardará o florescimento, portanto, a soja é uma planta de dias curtos; Já a água, representa cerca de 90% do peso da planta e realiza diversos processos fisiológicos e químicos. Os períodos de desenvolvimento mais afetados pela disponibilidade da água, são a germinação-emergência e floração-enchimento (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

Para descrever os estádios da soja, a metodologia utilizada foi descrita por Fehr, Caviness e Vorst (1977), que considera duas principais fases durante o ciclo, a fase vegetativa (V) e a fase reprodutiva (R).

Figura 1 – Escala fenológica da soja



Fonte: Fehr, Caviness e Vorst (1977).

Segundo Vernetti e Gastal (1979), o sistema radicular da soja é constituído por raízes secundárias e raiz principal, que pode alcançar 2 metros de profundidade, quando submetidas a condições ideais de clima e solo, em condições de campo costumam chegar aos 30 centímetros de profundidade.

A espécie possui a capacidade de estabelecer uma relação de simbiose com bactérias nitrificadoras, suprimindo a planta em nitrogênio através de nódulos nas raízes. Os primeiros nódulos aparecem aos 10 dias de plantio e estão capacitados de suas funções após 3 semanas (VERNETTI; GASTAL, 1979).

O rendimento máximo de uma planta é alcançado por uma variedade eminentemente produtiva e aclimatada ao ambiente de crescimento, podendo ser influenciada pelo manejo adotado e por fatores limitantes (bióticos e abióticos) em seus estádios de desenvolvimento. Em vista disso, deve-se preferir materiais mais adaptados às características edafoclimáticas de cada região (FARIAS, 2011).

Segundo Farias (2011), o clima é o fator de menos domínio e de mais efeito sobre a limitação de máximas produtividades. Estresses abióticos como déficit hídrico, superávit hídrico, temperaturas muito elevadas ou baixas, pouca luminosidade, impactam no rendimento da cultura.

Outro fator que limita o rendimento da cultura da soja são as doenças e o ataque de pragas. Os percevejos fitófagos da ordem Hemiptera, desde a germinação se estendendo até a colheita dos grãos. Por resultância do ataque, os grãos podem apresentar danos na qualidade e comprometimento de 30% da colheita, a soja não amadurece uniformemente, resultante da murcha e má formação das vagens (NUNES; CORRÊA FERREIRA, 2002).

Roese *et al.* (2018) em seu trabalho, ressalta:

Apesar da elevada produtividade por área, perdas de produção ocorrem devido ao ataque de patógenos de etiologia variada. Somente no

Brasil, são responsáveis pela ocorrência de 45 doenças, das quais 28 ocasionadas por fungos e 8 por vírus, sendo que bactérias e nematóides somam 3 doenças cada, além de mais 3 doenças de etiologia desconhecida. . .

2.2 Microrganismos benéficos na cultura da soja

A cultura da soja vem sendo estabelecida a partir de um modelo de agricultura moderna industrial, que demanda a utilização de recursos não renováveis, como fertilizantes químicos, defensivos, mecanização, variedades geneticamente modificadas e demais particularidades para sua manutenção (CAVALETT, 2008).

Conforme Meyer *et al.* (2022):

Ao se tentar combater o que acomete as lavouras, em geral, não se leva em conta, que no sistema biológico, talvez a cultura que está sendo conduzida naquele ambiente, seja de fato o elemento estranho. Assim, animais e microrganismos existentes no solo, tendem a atacar as sementes e as plantas das culturas, da mesma forma que o fazem até mesmo com sementes e plantas nativas que, de forma natural, ocorrem. Para tais organismos, as sementes no solo, são oportunidade de alimento e fonte de energia.

Hoje há uma crescente demanda por soluções conjuntas que possibilitem uma agricultura mais sustentável com insumos que respeitam o ecossistema e a saúde humana. A utilização de microrganismos benéficos pode proporcionar ao produtor produtividade e rentabilidade no manejo das culturas. Conforme Vidal *et al.* (2021) salienta, o setor de produtos biológicos está em ascensão, movimentando cerca de R\$ 1 bilhão anualmente e entre os anos de 2015 e 2019, surgiram 40 novas empresas para ampliar o setor, totalizando 72 biofábricas em 2019.

Como cita Meyer *et al.* (2022), o Brasil é o país que mais utiliza bioinsumos na produção da soja, decorrente de pesquisas e investimentos industriais, bem como recentemente criou-se legislações que fomentam o registro de novos produtos biológicos, tais como bioestimulantes, biorreguladores, bioinseticidas, biofungicidas, biofertilizantes e inoculantes.

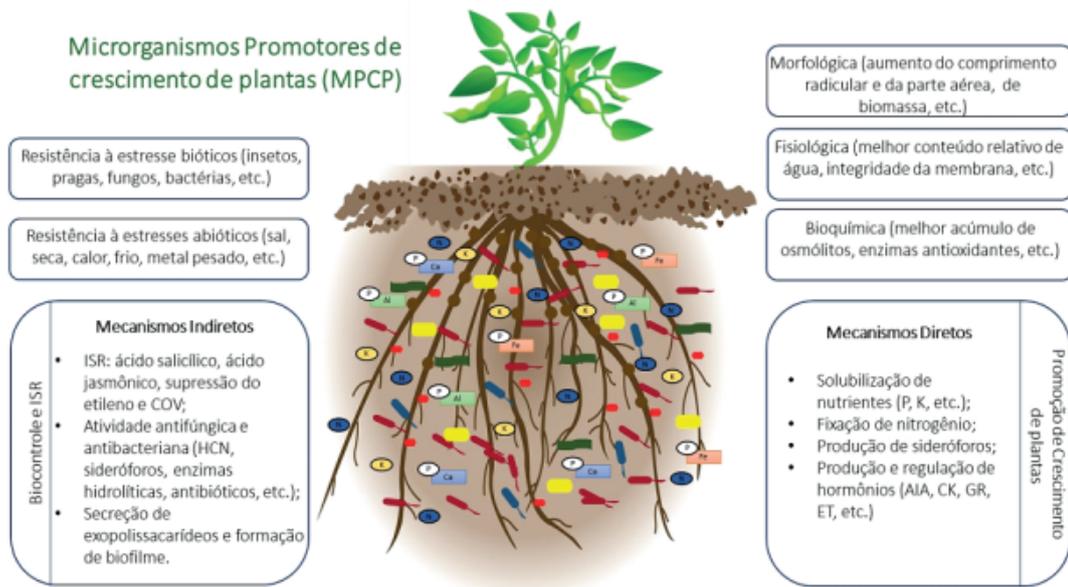
O microrganismo mais estudado e utilizado pela cultura da soja são as bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, ao infectarem a raiz da planta, estabelecem uma importante relação de simbiose, formando nódulos com a capacidade de suprir a cultura em nitrogênio através da fixação biológica. A prática de inoculação com o microrganismo coloca o Brasil como líder nos benefícios da fixação biológica do nitrogênio, proporcionando ao setor agrícola, uma economia de aproximadamente 6,6 bilhões de dólares a cada safra, quando comparado aos gastos da utilização de fertilizantes nitrogenados (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2007).

Quando a semente germina, inicia-se a relação entre a raiz e o solo ao seu redor, a famosa simbiose. E então, é promovida a liberação de matéria orgânica pelo solo, favorecendo

a atividade de comunidades bacterianas ao redor da raiz, beneficiando o crescimento de raiz e parte aérea (GOUDA *et al.*, 2018).

A seguir, a Figura 2 aborda os importantes mecanismos de microrganismos do solo que promovem o crescimento em plantas, podendo ser diretos ou indiretos.

Figura 2 – Importantes mecanismos de microrganismos promotores de crescimento de plantas



Fonte: Rodríguez; Fraga, 1999; Sharma et al., 2013 inpuad Meyer *et al.* (2022).

A utilização de bioinsumos como alternativa ou complemento de fertilizantes ou agrotóxicos, anteriormente só era difundido na agricultura orgânica ou agroecológica, mas atualmente se tem a necessidade de promoção de práticas sustentáveis e rentáveis. Como forma ampliar e fortalecer a utilização de bioinsumos, o Brasil, em 26 de maio de 2020, lança o Programa Nacional de Bioinsumos instituído pelo Decreto nº 10.375 realizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, que visa a regulamentarização e incentivo de práticas mais amigáveis ao meio-ambiente como a utilização de bioinsumos, que constituem hoje uma nova promessa tecnológica (GINDRI; MOREIRA; VERISSIMO, 2020). Conforme BRASIL (2020), o Decreto nº 10.375, tem como definição de bioinsumo:

Art. 2º Para os fins do disposto neste Decreto, considera-se bioinsumo o produto, o processo ou a tecnologia de origem vegetal, animal ou microbiana, destinado ao uso na produção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos agropecuários, nos sistemas de produção aquáticos ou de florestas plantadas, que interfiram positivamente no crescimento, no desenvolvimento e no mecanismo de resposta de animais, de plantas, de microrganismos e de substâncias derivadas e que interajam com os produtos e os processos físico-químicos e biológicos.

Além disso, a necessidade de ações menos agressivas ao meio ambiente também é fomentada em âmbito internacional pela Organização das Nações Unidas (ONU), através de metas ambiciosas que implicam a conscientização mundial com 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos para países em todo mundo alcançarem até 2030, um dos objetivos é a meta 2.1 que busca a erradicação da fome, que fomenta a importância de plantas saudáveis para a segurança alimentar e no meio ambiente (GINDRI; MOREIRA; VERISSIMO, 2020).

A seguir estão relatados os principais grupos de microrganismos que apresentam potencial utilização na cultura da soja, seus efeitos benéficos possuem funções de inseticidas biológicos, fungicidas biológicos, promotores de crescimento, tolerância a estresses, entre outros.

2.2.1 Bactérias do gênero *Bacillus*

Os microrganismos do gênero *Bacillus*, são bactérias Gram-positivas aeróbias ou anaeróbias facultativas, podendo apresentar flagelos para locomoção e que possuem a capacidade de formação de endósporos, para sobrevivência a condições adversas. Desse gênero, poucas são patogênicas e as benéficas, possuem grande importância industrial com grande versatilidade nos mecanismos de ação (RABINOCITCH; OLIVEIRA, 2015).

Bacillus aryabhatai promovem uma barreira física, chamada de biofilme que é composta por populações microbianas aderidas umas às outras ou a uma superfície, elas também produzem enzimas antioxidantes que detoxificam os compostos que causam danos ao DNA e às estruturas celulares, produzidos pelas células quando submetidas ao estresse hídrico. Em experimentos com cana-de-açúcar, a rizobactéria *Bacillus aryabhatai*, se mostrou tecnicamente eficaz em promover tolerância ao estresse hídrico, ajudando o desenvolvimento de raízes mais profundas e locação de maior quantidade de matéria seca em regiões de baixos regimes pluviométricos (MAY *et al.*, 2019).

Bacillus haynesii, isolados no deserto de Negev em Israel, é um organismo extremófilo, capaz de sobreviver em ambientes com condições adversas, como temperaturas elevadas que superam 50°C. A *B. haynesii* sintetiza moléculas orgânicas responsáveis pelo ajuste osmótico, evitando a perda de água de células para o ambiente (MAHESHWARI *et al.*, 2022).

Bacillus Megaterium é um importante agente quando inoculado na semente, é responsável pela solubilização de fosfatos retidos no solo através de sua função quelante sobre Cálcio e rochas, elevando consideravelmente o P disponível e a absorção deste nutriente pelas plantas. Além disso, proporcionam uma bioproteção contra patógenos e auxiliam no crescimento pela confecção de fitormônios. Segundo Oliveira *et al.* (2020), nas lavouras de soja avaliadas em vários estados brasileiros em que se inoculou a *B. megaterium*, obteve-se aumento na produção com ganhos médios de 4,3 sacas/ha e redução de custos de produção com adubação fosfatada.

Bacillus subtilis é qualificada para a solubilização de fosfato, conforme Machado e Costa (2017), produz metabólitos com ação de bionemática, sendo uma estratégia eficaz no combate de *Pratylenchus brachyurus* na cultura da soja. Além disso, também é promotora de crescimento de parte aérea e raízes de plantas, elevando a produtividade quando co-inoculado com *Bradyrhizobium japonicum*/*Bradyrhizobium elkanii*, favorecendo incrementos na nodulação da soja, conforme Araújo e Hungria (1999).

Bacillus thuringiensis é uma bactéria entomopatogênica que possui a habilidade em confeccionar cristais proteicos com ação inseticida, o controle possui especificidade aos insetos-pragas, sendo bastante visado no controle de algumas espécies de lagartas (VALICENTE, 2009).

Bacillus amyloliquefaciens é uma bactéria colonizadora de raízes que promove o crescimento de plantas pela síntese de moléculas orgânicas com efeito hormonal (auxinas, giberelinas e citocininas), capaz de ativar o metabolismo secundário, ou seja, é um indutor de resistência sistêmica, ativando o sistema imune das plantas (FASUSI; AMOO; BABALOLA, 2021).

2.2.2 Bactérias do gênero *Pseudomonas*

Pseudomonas fluorescens são promotoras de crescimento em plantas, colonizadoras de solo, água e superfície vegetal. Importante no controle biológico, antagonista na supressão de doenças, através da produção de 2,4-diacetilfloroglucinol pertencente a classe de compostos floroquinolina, age na degradação da parede celular de fungos, extravasando seu conteúdo citoplasmático (SANTOS *et al.*, 2010).

2.2.3 Fungos do gênero *Beauveria*

Beauveria bassiana é um fungo entomopatogênico que atua no controle biológico de artrópodes, parasita facultativo, produz conídios que penetram na cutícula do inseto se multiplicando em uma massa hifal, o levando a morte. Quando os nutrientes cessam e existem condições favoráveis, as hifas se externalizam apresentando uma camada branca sobre o inseto (LAZZARINI, 2005).

2.2.4 Fungos do gênero *Metarhizium*

Metarhizium anisopliae é um fungo entomopatogênico, que possui uma ampla variedade de hospedeiros, apresentando grande importância no controle biológico de uma variedade de insetos pragas, mas para a cultura da soja, sua importância se dá no controle de percevejos. A infecção se inicia na penetração ativa do fungo na cutícula do hospedeiro, alguns sintomas são

a falta de coordenação e cessação da alimentação do hospedeiro, como consequência, o leva à morte (GONÇALVES, 2020).

2.2.5 Fungos do gênero *Trichoderma*

Trichoderma spp. são fungos habitantes de solo, algumas linhagens colonizam raízes e auxiliam no crescimento e desenvolvimento, produtividade, resistência a estresses abióticos e absorção de nutrientes pelas plantas. Além disso, atuam como antagonistas no controle de microrganismos maléficos, como fungos patogênicos, vírus, bactérias e também nematóides (SHARON; CHET; SPIEGEL, 2011).

Conforme Milanesi *et al.* (2019), atestaram *in vitro* e *in vivo* que isolados de *Trichoderma* spp. demonstrou ser agente de biocontrole sobre *Fusarium* spp. em soja, além disso, o microrganismo atuou como promotor de crescimento de plântulas de soja.

2.2.6 Vírus da Família *Baculoviridae*

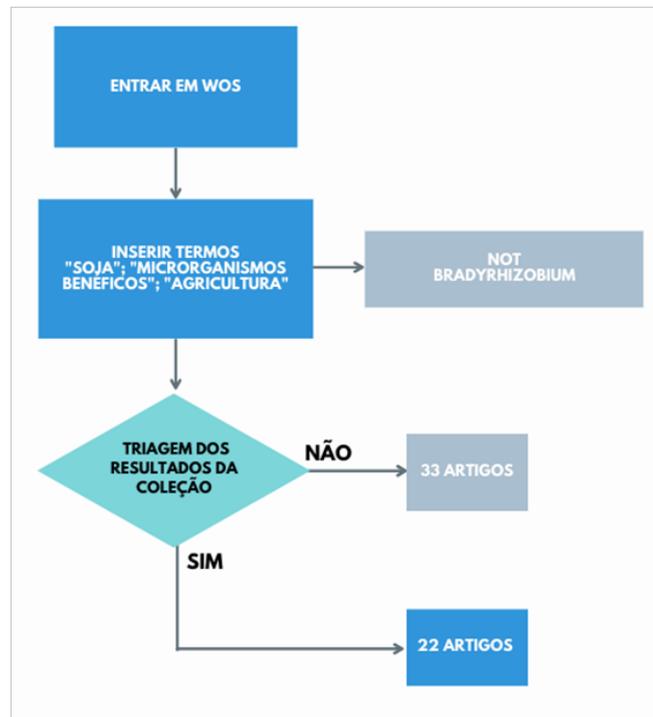
O vírus *Baculovirus anticarsia* (AgMNPV) apresenta um DNA de dupla fita, é um importante agente no controle biológico da lagarta *Anticarsia gammaialis*, um inseto desfolhador. Desde 1977, o vírus vem sendo estudado pela Embrapa. Após isso, foram lançadas tecnologias que possibilitaram a produção de isolados do AgMNPV, em condições de laboratórios, como cita Meyer *et al.* (2022).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho buscou identificar o estado da arte dos estudos realizados pela comunidade científica acerca do tema de “microrganismos benéficos na cultura da soja”. Para tal finalidade, foram levantadas publicações da base de dados Web of Science - Coleção Principal (Clarivate Analytics), através da via Comunidade Acadêmica Federada (CAFe), junto ao Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

A pesquisa foi realizada em outubro de 2022, com a inserção das palavras chaves na base com o termo “AND”: “soybean”, “beneficial microorganisms”, “agriculture” e com o termo “NOT” a exclusão de resultados para a palavra “*bradyrhizobium*”. A partir disso, foram expressos 55 resultados para análise e após a triagem manual de estudos pertinentes ao tema, restaram apenas 22 (Figura 3). A busca foi realizada com trabalhos publicados a partir de 1963 até 2022.

Figura 3 – Fluxograma de busca e triagem na plataforma Web of Science, criado no Canva



Fonte: Autoria própria (2022).

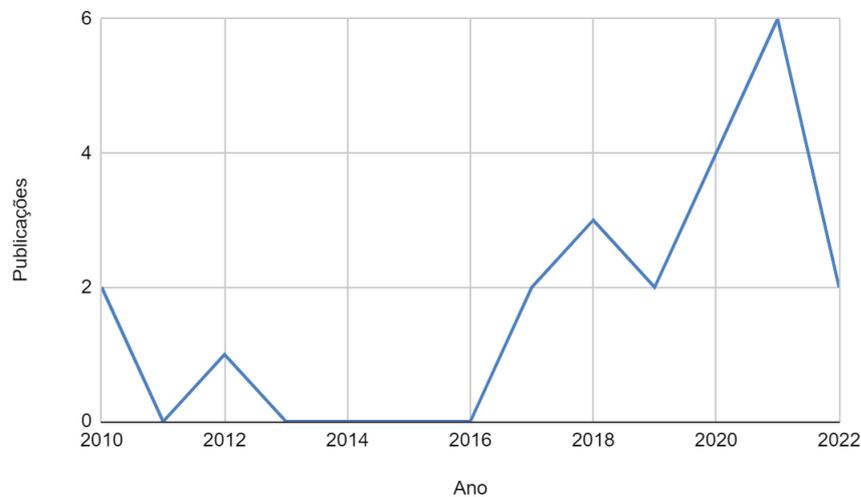
Os dados resultantes da busca incluíram: título do artigo, os autores, as afiliações, o resumo, áreas da pesquisa e as palavras-chave foram salvos em arquivo separado por tabulações. Para confecção de gráficos, utilizou-se a plataforma online Canva.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Baseando-se na revisão de literatura realizada, na sequência são evidenciados alguns resultados da análise dos 22 documentos publicados na base de dados Web of Science - Coleção Principal (Clarivate Analytics), selecionados após triagem manual.

Como podemos visualizar na figura 4, as primeiras publicações relativas ao tema iniciaram no ano de 2010, nos anos de 2013, 2014 e 2016 não houveram publicações e o ano com mais artigos publicados foi o de 2021, com 8 trabalhos publicados.

Figura 4 – Gráfico sobre a produção científica anual indexados na plataforma Web of Science, criado no Canva



Fonte: Adaptado de Web of Science (2022).

Os estudos são recentes quanto contrapomos, por exemplo, com as pesquisas pioneiras, como as realizadas em 1977 pela Embrapa, visando o controle biológico da redução de população de *Anticarsia gemmatalis*, a lagarta da soja, através da utilização de um vírus entomopatogênico do grupo dos baculovírus. Após isso, foram lançadas tecnologias que possibilitou a produção de isolados do nucleopoliedrovírus da *Anticarsia gemmatalis* (AgMNPV), em condições de laboratórios, como expõe Meyer *et al.* (2022).

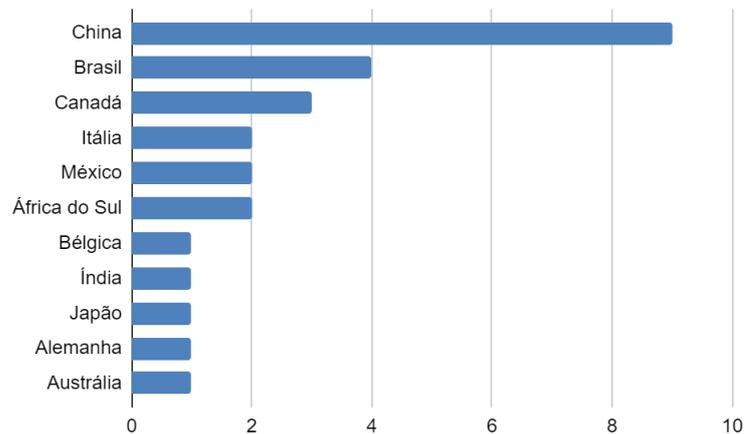
Os artigos são distribuídos em 12 grandes vertentes da pesquisa: Agricultura, Ciências Vegetais, Microbiologia, Microbiologia Aplicada à Biotecnologia, Ecologia Ciências Ambientais, Ciência Tecnologia, Biomedicina Ciências da Vida, Biologia Celular, Engenharia, Entomologia, Tecnologia em Ciência de Alimentos e Silvicultura.

Outro aspecto importante a ser analisado, são as instituições que mais contribuíram para o acervo científico do tema, em primeiro temos a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) com 4 publicações, em seguida a Academia Chinesa de Ciências e a Academia de Ciências Agrícolas de Heilongjiang, ambas chinesas, com 3 publicações cada.

A China tem realizado importantes esforços na produção de conteúdo acerca do tema, dentre poucos países que compõem a Figura 5, o país lidera com facilidade, apresentando 9

artigos confeccionados por diferentes instituições. Em seguida, o Brasil aparece com 4 publicações executadas pela mesma instituição, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

Figura 5 – Gráfico sobre a produção científica por países indexados na plataforma Web of Science, criado no Canva



Fonte: Adaptado de Web of Science (2022).

Dentre os artigos analisados, a publicação mais citada, trata-se de uma revisão intitulada de *“Microbial inoculants: reviewing the past, discussing the present and previewing an outstanding future for the use of beneficial bacteria in agriculture”*, sua publicação ocorreu em 2019 no periódico *Amb Express*, de autoria de Santos, MS; Nogueira, MA; Hungria, M. O artigo foi referenciado 135 vezes, como demonstrado no Tabela 1.

Na revisão de literatura realizada por Santos, Nogueira e Hungria (2019), foi salientada a disseminação do uso de inoculantes microbianos na agricultura ao redor do mundo e para diferentes culturas, sendo atualmente bem aceito pelos produtores, que enxergam na prática a mitigação de impactos ambientais e também rentabilidade da produção. Também é destacado que diversas indústrias têm empregado esforços, investindo em tecnologia e novas formulações de inoculantes, para desenvolver novos produtos e suprir as necessidades do mercado. Além da soja, também discorrem sobre as principais culturas inoculadas, como feijão, milho, trigo, arroz, cana-de açúcar, dentre outros.

Em segundo lugar como estudo mais citado, também trata-se de uma revisão denominada *“Biofertilizers and sustainable agriculture: exploring arbuscular mycorrhizal fungi”*, produzida pelos autores Igiehon, Nicholas O. e Babalola, Olubukola O., publicada em 2017 na revista *Applied Microbiology and Biotechnology*, foi referenciada 92 vezes. Os autores abordam sobre as funções de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e sua ação de biofertilizante, e novos estudos que podem auxiliar a manutenção do desenvolvimento agrícola incluem a função dos FMA no combate a erosão do solo, melhoria da fitorremediação e controle de organismos maléficos as culturas.

Como relata a Tabela 1, apenas 1 artigo obteve mais de 100 citações em outros estudos e apenas 2, obtiveram mais de 50. Somando as citações dos 22 artigos científicos, totalizou-se 503 citações pela academia, sendo os mais citados, revisões de literatura.

Tabela 1 – Quantidade de citações por periódico científico

Número de Citações	Número de Artigos
0	0
1 a 10	11
11 a 49	9
Mais que 50	2
Mais que 100	1

Fonte: Autoria própria (2022).

Com base nos Quadros 1 a 7, nota-se que a elaboração da produção científica foi realizada em colaboração de no mínimo 2 autores por trabalho e podendo chegar a 12 coautores. Outro ponto que pôde ser elucidado foi que cada produção foi submetida a um periódico diferente, salvo duas delas “*Rhizosphere Soil Bacterial Communities of Continuous Cropping-Tolerant and Sensitive Soybean Genotypes Respond Differently to Long-Term Continuous Cropping in Mollisols*” e “*Neonicotinoid Seed Treatments Have Significant Non-target Effects on Phyllosphere and Soil Bacterial Communities*”, que são do periódico *Frontiers in Microbiology*.

A seguir estão relatados os periódicos e seus efeitos, que correspondem ao tema supracitado. Basicamente, são artigos que indicam efeitos diretos dos microrganismos, como aumento de produtividade ou controle biológico. Mais detalhes sobre eles, podem ser observados nos Quadros 1 ao 7.

Conforme Silva *et al.* (2020) abordam, a coinoculação dos microrganismos *Azospirillum brasiliense* e *Trichoderma asperellum*, promovem à cultura da soja um maior ganho de biomassa total, refletindo no aumento da produtividade, superando em 25% ao tratamento controle.

Paradiso *et al.* (2017), apresentou que sementes de soja inoculadas com 14 tipos de bactérias, leveduras e 12 fungos, promoveram alterações nas características das folhas, potencializando a atividade fotossintética. Melhorando o crescimento e produção de sementes.

Jin *et al.* (2021), relatou que a inoculação com *Aspergillus niger* NBC001 se mostrou eficaz no biocontrole do nematóide *Heterodera glycines* com supressão de 31,7% no campo.

Xi *et al.* (2022), avaliando a utilização de bactérias que controlassem a podridão radicular da soja causada por *Phytophthora sojae*, concluíram que a *Bacillus velezensis* SN337, mostrou-se efetivo no controle do patógeno, diminuindo a incidência de *P. sojae* na rizosfera e aumentando a comunidade de microrganismos benéficos.

Segundo Xiang *et al.* (2010), o fungo *Hirsutella minnesotensis* é um importante parasita fúngico que ao confeccionar conídios que incorporam, penetram e levando nematoides à morte, se mostrou eficaz atuando na redução de número de *Heterodera glycines* Ichinohe, apresentando melhores resultados em solos mais frios, secos e com alto teor de partículas finas.

O estudo de estudo científico “*Characterization of plant growth-promoting rhizobacterial isolates associated with food plants in South Africa*”, de Fasusi, Amoo e Babalola (2021), avaliou 26 (vinte e seis) cepas de bactérias que apresentaram mais de um promotor de crescimento vegetal capacitado, como biossíntese de cianeto de hidrogênio, solubilização de fosfato, produção de ácido indolacético (IAA), confecção de amônia, atividade antifúngica, e tolerância a estresses abióticos. Os isolados de rizobactérias com múltiplos potenciais promotores de crescimento vegetal foram identificados como *Bacillus spp.* (80,77%), bactéria Rhodocyclaceae (3,85%), *Enterococcus spp.*(3,85%). Espécies de *Massilia spp.* (3,85%) e *Pseudomonas spp.* (7,69%).

Também serão relatados os periódicos que tratam-se de microrganismos benéficos mas não sobre seus efeitos diretos na soja, mas que referem-se as comunidades microbianas rizosféricas, que também apresentam importância no amparo de pesquisas futuras. Mais detalhes acerca dos periódicos, podem ser observados na Figura 7.

Wang *et al.* (2012) mostrou que, os exsudatos radiculares de diferentes plantas são responsáveis pelas alterações nas populações microbianas do solo. E o ecossistema do solo também é influenciado pelas interações entre grupos microbianos.

Parizadeh, Mimeo e Kembel (2021) relatou que, tratamento de sementes com neonicotinóides causou a redução na abundância em diversas bactérias do solo potencialmente benéficas, incluindo as rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (PGPR). Seu efeito foi mais no solo do que na filosfera.

Yang *et al.* (2018) mostrou que, as comunidades de fungos endofíticos na soja podem ser influenciados por diversas causas, o tipo de tecido da amostra e o local de cultivo são determinantes. Algumas espécies de fungos endofíticos presentes na soja, são patógenos latentes, aguardando alguma situação de estresse para se expressar, outros são não-patógenos ou benéficos.

Yuan *et al.* (2021), avaliou a rizosfera de 3 formas de cultivo de soja, plantio contínuo curto (7 anos), plantio contínuo longo (36 anos) e rotação soja-milho. No cultivo longo percebeu-se o aumento de bactérias benéficas em comparação aos outros cultivos, também apresentou menor incidência de *Heterodera glycines*. Outro resultado salientado nesse estudo, é que genótipos tolerantes recrutam microrganismos que auxiliam na resistência da soja.

Diaz-Garza *et al.* (2020) apresentou que, ambientes com baixo regime de chuvas, a comunidade bacteriana é reduzida e as que compõem são influenciadas pelos parâmetros climatológicos, como o alívio de estresse hídrico e climatização das condições ambientais. Para a soja, 257 gêneros foram identificados em raízes de soja. A soja também exibiu a comunidade PGPR mais estável quando comparada as culturas da pimenta peguin e da laranja, onde as proporções dos componentes microbianos mudaram ligeiramente com o tempo.

Zhang *et al.* (2020) determinou que, a atividade microbiana na rizosfera da soja foi superior do que na região não rizosfera. Na rotação soja-milho, o uso de fontes de carbono por microrganismos do solo não rizosfera na safra do milho foi maior do que na safra da soja. Os principais fatores que determinam a diversidade funcional do microbioma nos solos da rizosfera

e não rizosfera das duas culturas se diferem, e os fatores semelhantes foram matéria orgânica e fósforo disponível.

Liu *et al.* (2019) demonstrou que, o cultivo contínuo de soja e a rotação com milho apresentam dinâmicas diferentes relacionadas às comunidades de microrganismos do solo. O Cultivo contínuo de soja diminui a abundância bacteriana, em contrapartida, aumenta a fúngica, de fungos potencialmente patogênicos como *Fusarium oxysporum* e *Lactera longa* e fungos benéficos, como *Mortierella sp.* e *Paecilomyces lilacinus*, apresentando efeito duplo.

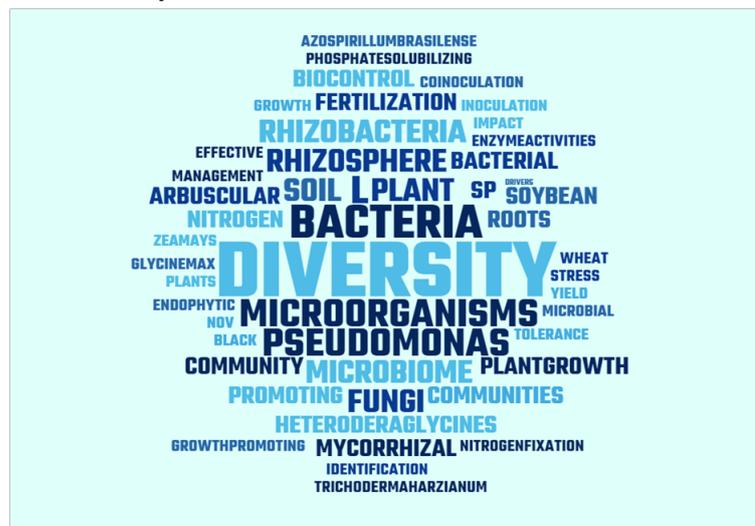
Roese *et al.* (2018) traz que, a diversificação agrícola, incluindo culturas e pastagens de animais na mesma área, como o sistema agrossilvipastoril possui a capacidade de reduzir patógenos como a *Rhizoctonia solani* e *Fusarium spp.*, além de aumentar a população de microrganismos benéficos.

Os trabalhos de Ikeda *et al.* (2010), Santoyo *et al.* (2021), Cardarelli *et al.* (2022), Igiehon e Babalola (2017), Naik *et al.* (2020) e Santos, Nogueira e Hungria (2019), são importantes revisões de literatura que se enquadram no tema supracitado. Quanto aos trabalho de May *et al.* (2021) e Ma *et al.* (2018), não obteve-se acesso ao artigo para análise dos efeitos.

A respeito das palavras-chaves mais citadas nos trabalhos. Para isso, gerou-se uma nuvem das 50 palavras-chaves mais utilizadas, onde, conforme maior o tamanho, mais vezes ela havia sido citada nos textos, como exemplificado na Figura 6. Assim sendo, destacam-se: “diversity”, “bacteria”, “microorganisms”, “*pseudomonas*”, “rhizosphere”, “soil”, “plant”, “microbiome” e “community”.

Essas palavras retratam o que está sendo estudado até o momento, ou seja, que há poucos trabalhos publicados para a cultura da soja que referem-se a utilização de microrganismos isolados e seus efeitos, mas sim a combinação de microrganismos benéficos.

Figura 6 – Nuvem palavras-chaves mais citadas nos trabalhos científicos



Fonte: Adaptado de Web of Science (2022).

Quadro 1 – Informações condensadas (1-5) de publicações extraídas da base de dados Web of Science

Títulos	Autores	Periódicos	Efeitos
1. Screening of Beneficial Microorganisms to Improve Soybean Growth and Yield	Silva, Mariana Aguiar; Nascente, Adriano Stephan; Corsi de Filippi, Marta Cristina; Lanna, Anna Cristina; da Silva, Gisele Barata; Tavares Fernandes, João Pedro; Arriel Elias, Marina Teixeira	Brazilian Archives of Biology and Technology	A combinação dos microrganismos <i>Azospirillum brasiliense</i> e <i>Trichoderma asperellum</i> , resultaram em maior ganho de biomassa total (raiz + parte aérea) da soja, elevando a produtividade de grãos da soja, 25% superior ao tratamento controle. Esses valores expressam o maior número de vagens e peso de 100 grãos.
2. Microbial inoculants: reviewing the past, discussing the present and previewing an outstanding future for the use of beneficial bacteria in agriculture	Santos, Mariana Sanches; Nogueira, Marco Antonio; Hungria, Mariangela	Amb Express	Revisão de Literatura
3. Effect of root exudates on beneficial microorganisms-evidence from a continuous soybean monoculture	Wang, Jinli; Li, Xiaoliang; Zhang, Junling; Yao, Ting; Wei, Dan; Wang, Yufeng; Wang, Jingguo	Plant Ecology	Os exsudatos radiculares de diferentes plantas são responsáveis pelas alterações nas populações microbianas do solo. E o ecossistema do solo também é influenciado pelas interações entre grupos microbianos.
4. Biofertilizers and sustainable agriculture: exploring arbuscular mycorrhizal fungi	Igiehon, Nicholas O.; Babalola, Olubukola O.	Applied Microbiology and Biotechnology	Revisão de Literatura
5. Changes in Leaf Anatomical Traits Enhanced Photosynthetic Activity of Soybean Grown in Hydroponics with Plant Growth-Promoting Microorganisms	Paradiso, Roberta; Arena, Carmen; De Micco, Veronica; Giordano, Maria; Aronne, Giovanna; De Pascale, Stefania	Frontiers in Plant Science	Influência positiva da inoculação de sementes de soja com uma mistura de 14 bactérias, leveduras e 12 espécies de fungos benéficos, proporcionou alterações nas características anatômicas funcionais das folhas, potencializando a atividade fotossintética,

Fonte: Adaptado de Web of Science (2022).

Quadro 2 – Informações condensadas (6-9) de publicações extraídas da base de dados Web of Science

Títulos	Autores	Periódicos	Efeitos
			melhorando o crescimento das plantas e a produção de sementes de soja cultivadas em hidroponia.
6. Seed Treatments with Microorganisms Can Have a Biostimulant Effect by Influencing Germination and Seedling Growth of Crops	Cardarelli, Mariateresa; Woo, Sheridan L.; Roupheal, Youssef; Colla, Giuseppe	Plants-Basel	Revisão de Literatura
7. Rhizosphere Soil Bacterial Communities of Continuous Cropping-Tolerant and Sensitive Soybean Genotypes Respond Differently to Long-Term Continuous Cropping in Mollisols	Yuan, Ming; Yu, Taobing; Shi, Qihan; Han, Dongwei; Yu, Kanchao; Wang, Lianxia; Wang, Shurong; Xiang, Hao; Wen, Ronghui; Nian, Hai; Lian, Tengxiang	Frontiers in Microbiology	Avaliou-se a rizosfera de 3 formas de cultivo de soja, plantio contínuo curto (7 anos), plantio contínuo longo (36 anos) e rotação soja-milho. No cultivo longo percebeu-se o aumento de bactérias benéficas em comparação aos outros cultivos, também apresentou menor incidência de <i>Heterodera glycines</i> . Outro resultado salientado nesse estudo, é que genótipos tolerantes recrutam microrganismos que auxiliam na resistência da soja.
8. Plant Growth Stimulation by Microbial Consortia	Santoyo, Gustavo; Guzman-Guzman, Paulina; Parra-Cota, Fannie Isela; Santos-Villalobos, Sergio de los; Orozco-Mosqueda, Ma. del Carmen; Glick, Bernard R.	Agronomy-Basel	Revisão de Literatura
9. Characterization of plant growth-promoting rhizobacterial isolates associated with food plants in South Africa	Fasusi, Oluwaseun Adeyinka; Amoo, Adenike Eunice; Babalola,	Antonie Van Leeuwenhoek	As vinte e seis cepas analisadas, demonstraram diferentes características morfológicas e bioquímicas. As bactérias

Fonte: Adaptado de Web of Science (2022).

Quadro 3 – Informações condensadas (10-12) de publicações extraídas da base de dados Web of Science

Títulos	Autores	Periódicos	Efeitos
	Olubukola Oluranti		isoladas da rizosfera de soja mostraram mais de um possível promotor de crescimento vegetal, confecção de cianeto de hidrogênio, produção do fitormônio ácido indol-3-acético (IAA), confecção de amônia, ação antifúngica, solubilização de fosfato e tolerância a estresses abióticos.
10. Neonicotinoid Seed Treatments Have Significant Non-target Effects on Phyllosphere and Soil Bacterial Communities	Parizadeh, Mona; Mimeo, Benjamin; Kembel, Steven W.	Frontiers in Microbiology	O tratamento de sementes com neonicotinóides causou a redução na abundância em diversas bactérias do solo potencialmente benéficas, incluindo as rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (PGPR). Seu efeito foi mais no solo do que na filosfera.
11. Endophytic fungal communities associated with field-grown soybean roots and seeds in the Huang-Huai region of China	Yang, Hongjun; Ye, Wenwu; Ma, Jiaxin; Zeng, Dandan; Rong, Zhenyang; Xu, Miao; Wang, Yuanchao; Zheng, Xiaobo	PeerJ	Comunidades de fungos endofíticos na soja podem ser influenciados por diversas causas, o tipo de tecido da amostra e o local de cultivo são determinantes. Algumas espécies de fungos endofíticos presentes na soja, são patógenos latentes, aguardando alguma situação de estresse para se expressar, outros são não-patógenos ou benéficos.
12. The use of indigenous bacterial community as inoculant for plant growth promotion in soybean cultivation	May, Andre; Coelho, Luciana Fontes; Pedrinho, Alexandre; Batista, Bruna Durante; Mendes, Lucas	Archives of Agronomy and Soil Science	Sem acesso ao artigo integral

Fonte: Adaptado de Web of Science (2022).

Quadro 4 – Informações condensadas (13-15) de publicações extraídas da base de dados Web of Science

Títulos	Autores	Periódicos	Efeitos
	William; Mendes, Rodrigo; Boechat Morandi, Marcelo Augusto; Barth, Gabriel; Viana, Ronaldo Silva; Dias Vilela, Elke Simoni		
13. Agrosilvopastoral system enhances suppressiveness to soybean damping-off caused by <i>Rhizoctonia solani</i> and alters <i>Fusarium</i> and <i>Trichoderma</i> population density	Roese, Alexandre Dinny; Ribeiro Junior, Paulo Justiniano; Porfirio-da-Silva, Vanderley; May De Mio, Louise Larissa	Acta Scientiarum. Agronomy	A diversificação agrícola, incluindo culturas e pastagens de animais na mesma área, como o sistema agrossilvipastoril possui a capacidade de reduzir patógenos como a <i>Rhizoctonia solani</i> e <i>Fusarium spp.</i> , além de aumentar a população de microrganismos benéficos.
14. Community- and Genome-Based Views of Plant-Associated Bacteria: Plant-Bacterial Interactions in Soybean and Rice	Ikeda, Seishi; Okubo, Takashi; Anda, Mizue; Nakashita, Hideo; Yasuda, Michiko; Sato, Shusei; Kaneko, Takakazu; Tabata, Satoshi; Eda, Shima; Momiyama, Ayumi; Terasawa, Kimihiro; Mitsui, Hisayuki; Minamisawa, Kiwamu	Plant and Cell Physiology	Revisão de Literatura
15. Evaluation of the anti-oomycete bioactivity of rhizosphere soil-borne isolates and the biocontrol of soybean root rot caused by <i>Phytophthora sojae</i>	Xi, Xuedong; Fan, Jianglong; Yang, Xinyu; Liang, Yue; Zhao, Xiaoli; Wu, Yuanhua	Biological Control	Avaliou-se o uso de bactérias que controlassem a podridão radicular da soja causada por <i>Phytophthora sojae</i> . A <i>Bacillus velezensis</i> SN337, mostrou-se eficiente no controle do patógeno, diminuindo a incidência de <i>P. sojae</i> na rizosfera e aumentando a população

Fonte: Adaptado de Web of Science (2022).

Quadro 5 – Informações condensadas (16-18) de publicações extraídas da base de dados Web of Science

Títulos	Autores	Periódicos	Efeitos
			de microrganismos benéficos.
16. Temporal Dynamics of Rhizobacteria Found in Pequin Pepper, Soybean, and Orange Trees Growing in a Semi-arid Ecosystem	Diaz-Garza, Aracely Maribel; Fierro-Rivera, Judith Ivonne; Pacheco, Adriana; Schuessler, Arthur; Gradilla-Hernandez, Misael Sebastian; Senes-Guerrero, Carolina	Frontiers in Sustainable Food Systems	Em ambientes com baixo índice hidrológico, a comunidade bacteriana é reduzida e as que compõem são influenciadas pelos parâmetros climatológicos, como o alívio de estresse hídrico e climatização das condições ambientais. Para a soja, 257 gêneros foram identificados em raízes de soja. A soja também exibiu a comunidade PGPR mais estável quando comparada a culturas da pimenta pequin e laranja, onde as proporções dos componentes microbianos mudaram ligeiramente com o tempo.
17. Effect of <i>Aspergillus niger</i> NBC001 on the soybean rhizosphere microbial community in a soybean cyst nematode-infested field	Jin Na; Liu Shi-ming; Peng Huan; Huang Wen-kun; Kong Ling-an; Peng De-liang	Journal of Integrative Agriculture	A inoculação com <i>Aspergillus niger</i> NBC001 se mostrou eficaz no biocontrole do nematóide <i>Heterodera glycines</i> com supressão de 31,7% no campo. Além disso, a inoculação do NBC001 é uma opção segura de manutenção do microbioma da rizosfera da soja, ocasionando a elevação de microrganismos benéficos e redução dos microrganismos causadores de patologias.
18. Effect of environment on the abundance and activity of the nematophagous fungus <i>Hirsutella minnesotensis</i> in soil	Xiang, Meichun; Xiang, Ping'an; Liu, Xingzhong; Zhang, Limei	Fems Microbiology Ecology	A potencialidade do fungo <i>Hirsutella minnesotensis</i> que atua como endoparasita de nematóides resulta na

Fonte: Adaptado de Web of Science (2022).

Quadro 6 – Informações condensadas (19-21) de publicações extraídas da base de dados Web of Science

Títulos	Autores	Periódicos	Efeitos
			supressão eficaz de <i>Heterodera glycines</i> Ichinohe, apresentando resultados mais expressivos em solos mais frios, secos e com alto teor de partículas finas.
19. Isolation and Identification of PGPR Strain and its Effect on Soybean Growth and Soil Bacterial Community Composition	Ma, Mingchao; Jiang, Xin; Wang, Qingfeng; Guan, Dawei; Li, Li; Ongena, Marc; Li, Jun	International Journal of Agriculture and Biology	Sem acesso ao artigo integral.
20. Contrast in soil microbial metabolic functional diversity to fertilization and crop rotation under rhizosphere and non-rhizosphere in the coal gangue landfill reclamation area of Loess Hills	Zhang, Bian-hua; Hong, Jian-ping; Zhang, Qiang; Jin, Dong-sheng; Gao, Chun-hua	Plos One	A atividade microbiana na rizosfera da soja foi superior do que na não rizosfera. No sistema de rotação soja-milho, o uso de fontes de carbono por microrganismos do solo não rizosfera na safra do milho foi maior do que na safra da soja. Os principais fatores que determinam a diversidade funcional do microbioma nos solos da rizosfera e não rizosfera das duas culturas se diferem, e os fatores semelhantes foram matéria orgânica e fósforo disponível.
21. Microbial formulation and growth of cereals, pulses, oilseeds and vegetable crops	Naik, Kalyani; Mishra, Snehasish; Srichandan, Haragobinda; Singh, Puneet Kumar; Choudhary, Abhishek	Sustainable Environment Research	Revisão de Literatura

Fonte: Adaptado de Web of Science (2022).

Quadro 7 – Informações condensadas (22) de publicações extraídas da base de dados Web of Science

Títulos	Autores	Periódicos	Efeitos
22. Continuous cropping of soybean alters the bulk and rhizospheric soil fungal communities in a Mollisol of Northeast PR China	Liu, Junjie; Yao, Qin; Li, Yansheng; Zhang, Wu; Mi, Gang; Chen, Xueli; Yu, Zhenhua; Wang, Guanghua	Land Degradation & Development	O cultivo contínuo de soja e a rotação com milho apresentam dinâmicas diferentes relacionadas às comunidades de microrganismos do solo. O Cultivo contínuo de soja diminui a abundância bacteriana, em contrapartida, aumenta a fúngica, de fungos potencialmente patogênicos como <i>Fusarium oxysporum</i> e <i>Lactera longa</i> e fungos benéficos, como <i>Mortierella sp.</i> e <i>Paecilomyces lilacinus</i> , apresentando efeito duplo.

Fonte: Adaptado de Web of Science (2022).

5 CONCLUSÕES

Diante do exposto, conclui-se que quanto aos efeitos dos estudos analisados, foi possível inferir com o resultado do levantamento, pontos que norteiam estudos futuros relacionados ao tema: 1) solos de diferentes manejos determinaram a composição microbioma da região da rizosfera; 2) a interação planta-microrganismo também foi determinante para a diversidade dos gêneros e espécies presentes; 3) a inoculação de sementes com neonicotinóides reduziu a abundância de rizobactérias benéficas; 4) a coinoculação de *Azospirillum brasiliense* e *Trichoderma asperellum* proporcionaram a soja maior ganho de biomassa total; 5) A *Bacillus velezensis* SN337, mostrou-se eficiente no controle de *Phytophthora sojae*. 6) O fungo *Hirsutella minnesotensis* atuou eficientemente endoparasitando *Heterodera glycines*.

Quanto à análise da pesquisa qualitativa e descritiva apresentada foi possível concluir que a busca na base de dados WOS mostrou que: a) ao todo, os artigos foram referenciados 503 vezes em outros estudos; b) O país que mais produziu conteúdo científico foi a China; c) A instituição que mais publicou artigos foi a EMBRAPA; d) a maioria dos artigos abordam os microrganismos presentes na rizosfera; e) apenas 6 artigos científicos abordam os efeitos diretos dos microrganismos para a cultura da soja.

Não obstante, o conhecimento acerca do tema ainda é incipiente, a área carece de mais estudos para comprovação da eficiência de alguns microrganismos objetivando entender, cada vez mais, as relações envolvidas entre os potenciais microrganismos benéficos e a cultura da soja.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, F. F. d.; HUNGRIA, M. Nodulação e rendimento de soja co-infectada com *Bacillus Subtilis* e *Bradyrhizobium Japonicum* / *Bradyrhizobium Elkanii*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 9, p. 1633–1643, set. 1999. ISSN 0100-204X. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X1999000900014&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 05 out. 2022.
- BRASIL. **Decreto nº10.375, de 26 de maio de 2020. Institui o Programa Nacional de Bioinsumos e o Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos**. 2020. 100 p. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.375-de-26-de-maio-de-2020-258706480>.
- CARDARELLI, M. *et al.* Seed treatments with microorganisms can have a biostimulant effect by influencing germination and seedling growth of crops. **Plants**, v. 11, n. 3, p. 259, jan. 2022. ISSN 2223-7747. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/11/3/259>. Acesso em: 31 out. 2022.
- CAVALETT, O. Análise do ciclo de vida da soja. **Universidade Estadual de Campinas**, 2008.
- CONAB. **Acomp. safra brasileira de grãos – Safra 2021/22**. 12. ed. Brasília: [s.n.], 2022. v. 9.
- COSTA, N. L.; SANTANA, A. C. d. Poder de mercado e desenvolvimento de novas cultivares de soja transgênicas e convencionais: análise da experiência brasileira. **Revista de Ciências Agrárias - Amazon Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 1, p. 61–68, 2013. ISSN 1517-591X. Disponível em: <http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/rca.2013.003>. Acesso em: 05 out. 2022.
- COSTA, N. L.; SANTANA, A. C. d. Poder de mercado e desenvolvimento de novas cultivares de soja transgênicas e convencionais: análise da experiência brasileira. **Revista de Ciências Agrárias - Amazon Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 1, p. 61–68, 2013. ISSN 1517-591X. Disponível em: <http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/rca.2013.003>. Acesso em: 05 out. 2022.
- DIAZ-GARZA, A. M. *et al.* Temporal dynamics of rhizobacteria found in pequim pepper, soybean, and orange trees growing in a semi-arid ecosystem. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, p. 602283, nov. 2020. ISSN 2571-581X. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2020.602283/full>. Acesso em: 31 out. 2022.
- FARIAS, J. R. B. Limitações climáticas à obtenção de rendimentos máximos de soja. p. 4, 2011.
- FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. Ecofisiologia da soja. **Embrapa Soja**, p. 48, 2007.
- FASUSI, O. A.; AMOO, A. E.; BABALOLA, O. O. Characterization of plant growth-promoting rhizobacterial isolates associated with food plants in South Africa. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 114, n. 10, p. 1683–1708, out. 2021. ISSN 0003-6072, 1572-9699. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s10482-021-01633-4>. Acesso em: 31 out. 2022.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E.; VORST, J. J. Response of Indeterminate and Determinate Soybean Cultivars to Defoliation and Half-plant Cut-off ¹. **Crop Science**, v. 17, n. 6, p. 913–917, nov. 1977. ISSN 0011-183X, 1435-0653. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2135/cropsci1977.0011183X001700060024x>. Acesso em: 04 out. 2022.

FIGUEIREDO, N. **Da importância dos artigos de revisão de literatura**. São Paulo: [s.n.], 1990.

GINDRI, D. M.; MOREIRA, P. A. B.; VERISSIMO, M. A. A. **Sanidade vegetal: uma estratégia global para eliminar a fome, reduzir a pobreza, proteger o meio ambiente e estimular o desenvolvimento econômico sustentável**. 1. ed. Florianópolis: [s.n.], 2020. Disponível em: https://nuppre.paginas.ufsc.br/files/2021/02/Livro-Sanidade-Vegetal-Vers%C3%A3o-Digital-1_compressed.pdf#page=192. Acesso em: 04 out. 2022.

GONÇALVES, M. B. **Suscetibilidade do percevejo marrom da soja com o uso de *Metarhizium anisopliae***. 2020. Tese (Doutorado) — CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ANÁPOLIS – UniEVANGÉLICA, Anápolis, 2020.

GOUDA, S. *et al.* Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture. **Microbiological Research**, v. 206, p. 131–140, jan. 2018. ISSN 09445013. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0944501317303415>. Acesso em: 21 nov. 2022.

HEIFFIG, L. S. *et al.* Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, v. 65, n. 2, p. 285–295, 2006. ISSN 0006-8705. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052006000200010&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 21 nov. 2022.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2007.

IGIEHON, N. O.; BABALOLA, O. O. Biofertilizers and sustainable agriculture: exploring arbuscular mycorrhizal fungi. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 101, n. 12, p. 4871–4881, jun. 2017. ISSN 0175-7598, 1432-0614. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s00253-017-8344-z>. Acesso em: 31 out. 2022.

IKEDA, S. *et al.* Community- and genome-based views of plant-associated bacteria: plant–bacterial interactions in soybean and rice. **Plant and Cell Physiology**, v. 51, n. 9, p. 1398–1410, set. 2010. ISSN 1471-9053, 0032-0781. Disponível em: <https://academic.oup.com/pcp/article-lookup/doi/10.1093/pcp/pcq119>. Acesso em: 31 out. 2022.

JIN, N. *et al.* Effect of *Aspergillus niger* NBC001 on the soybean rhizosphere microbial community in a soybean cyst nematode-infested field. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 20, n. 12, p. 3230–3239, dez. 2021. ISSN 20953119. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2095311920634670>. Acesso em: 31 out. 2022.

LAZZARINI, G. M. J. **Efeito da umidade sobre a germinação in vitro de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* e atividade contra *Triatoma infestans***. 2005. Dissertação (Mestrado em Parasitologia) — Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2005.

LIU, J. *et al.* Continuous cropping of soybean alters the bulk and rhizospheric soil fungal communities in a Mollisol of Northeast PR China. **Land Degradation & Development**, v. 30, n. 14, p. 1725–1738, ago. 2019. ISSN 1085-3278, 1099-145X. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ldr.3378>. Acesso em: 31 out. 2022.

LUZ, J. A. A. *et al.* Evolução da produção de soja no estado do piauí em comparação aos principais produtores nacionais e regionais. **Revista FSA**, v. 19, n. 2, p. 202–220, fev. 2022. ISSN 18066356, 23172983. Disponível em: <http://www4.unifsa.com.br/revista/index.php/fsa/article/view/2535/491493250>. Acesso em: 04 out. 2022.

- MA, M. *et al.* Isolation and identification of pgpr strain and its effect on soybean growth and soil bacterial community composition. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 20, 2018. ISSN 1560-8530. Publisher: Friends Science Publishers.
- MACHADO, A. P.; COSTA, M. J. N. d. Biocontrole do fitonematóide *Pratylenchus brachyurus* in vitro e na soja em casa de vegetação por *Bacillus subtilis*. **Revista Biociências**, v. 23, n. 1, p. 83–94, 2017. ISSN 1415-7411. Number: 1. Disponível em: <http://periodicos.unitau.br/ojs/index.php/biociencias/article/view/2365>. Acesso em: 05 out. 2022.
- MAHESHWARI, R. *et al.* Exploration of plant growth-promoting endophytic bacteria from *Pisum sativum* and *Cicer arietinum* from South–West Haryana. **Journal of Basic Microbiology**, v. 62, n. 7, p. 857–874, jul. 2022. ISSN 0233-111X, 1521-4028. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jobm.202100575>. Acesso em: 04 out. 2022.
- MAY, A. *et al.* The use of indigenous bacterial community as inoculant for plant growth promotion in soybean cultivation. **Archives of Agronomy and Soil Science**, p. 1–16, ago. 2021. ISSN 0365-0340, 1476-3567. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03650340.2021.1964017>. Acesso em: 31 out. 2022.
- MAY, A. *et al.* Indução de tolerância à seca em mudas de cana-de-açúcar com a inoculação de *Bacillus aryabhatai*. **Embrapa Meio Ambiente**, v. 47, p. 400–410, jul. 2019.
- MEYER, M. C. *et al.* Bioinsumos na cultura da soja. **Embrapa Soja**, 2022.
- MILANESI, P. M. *et al.* Biocontrole de *Fusarium* spp. com *Trichoderma* spp. e promoção de crescimento em plântulas de soja. **Revista de Ciências Agrárias**, p. 347–356 Páginas, jan. 2019. Artwork Size: 347-356 Páginas Publisher: Revista de Ciências Agrárias. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/index.php/rca/article/view/16319>. Acesso em: 21 nov. 2022.
- NAIK, K. *et al.* Microbial formulation and growth of cereals, pulses, oilseeds and vegetable crops. **Sustainable Environment Research**, v. 30, n. 1, p. 10, dez. 2020. ISSN 2468-2039. Disponível em: <https://sustainenvironres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s42834-020-00051-x>. Acesso em: 31 out. 2022.
- NUNES, M. C.; CORRÊA FERREIRA, B. S. Danos causados à soja por adultos de *Euschistus heros* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae), sadios e parasitados por *Hexacladia smithii* ashmead (Hymenoptera: Encyrtidae). **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 1, p. 109–113, mar. 2002. ISSN 1519-566X. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-566X2002000100015&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 13 out. 2022.
- OLIVEIRA, C. A. *et al.* **Viabilidade técnica e econômica do Biomaphos® (*Bacillus subtilis* CNPMS B2084 e *Bacillus megaterium* CNPMS B119) nas culturas de milho e soja**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020.
- PARADISO, R. *et al.* Changes in leaf anatomical traits enhanced photosynthetic activity of soybean grown in hydroponics with plant growth-promoting microorganisms. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 674, maio 2017. ISSN 1664-462X. Disponível em: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2017.00674/full>. Acesso em: 31 out. 2022.
- PARIZADEH, M.; MIMEE, B.; KEMBEL, S. W. Neonicotinoid seed treatments have significant non-target effects on phyllosphere and soil bacterial communities. **Frontiers in Microbiology**, v. 11, p. 619827, jan. 2021. ISSN 1664-302X. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2020.619827/full>. Acesso em: 31 out. 2022.

RABINOCITCH, L.; OLIVEIRA, E. J. Coletânea de procedimentos técnicos e metodologias empregadas para o estudo de *Bacillus* e gêneros esporulados aeróbios correlatos. **Montenegro Comunicação**, n. 1, p. 160, 2015.

ROESE, A. D. *et al.* Agrosilvopastoral system enhances suppressiveness to soybean damping-off caused by *Rhizoctonia solani* and alters fusarium and trichoderma population density. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 40, n. 1, p. 35075, fev. 2018. ISSN 1807-8621, 1679-9275. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/35075>. Acesso em: 31 out. 2022.

SANTOS, M. S.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Microbial inoculants: reviewing the past, discussing the present and previewing an outstanding future for the use of beneficial bacteria in agriculture. **AMB Express**, v. 9, n. 1, p. 205, dez. 2019. ISSN 2191-0855. Disponível em: <https://amb-express.springeropen.com/articles/10.1186/s13568-019-0932-0>. Acesso em: 31 out. 2022.

SANTOS, P. J. C. *et al.* **Utilização de *Pseudomonas fluorescens* no controle biológico de *Macrophomina phaseolina***. [S.l.]: Embrapa Soja, 2010.

SANTOS, T. T. d.; VARAVALLLO, M. A. Aplicação de microrganismos endofíticos na agricultura e na produção de substâncias de interesse econômico. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 32, n. 2, p. 199–212, dez. 2011. ISSN 16765435, 16790367. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/seminabio/article/view/8241>. Acesso em: 18 nov. 2022.

SANTOYO, G. *et al.* Plant growth stimulation by microbial consortia. **Agronomy**, v. 11, n. 2, p. 219, jan. 2021. ISSN 2073-4395. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/2/219>. Acesso em: 31 out. 2022.

SHARON, E.; CHET, I.; SPIEGEL, Y. Trichoderma as a biological control agent. *In*: DAVIES, K.; SPIEGEL, Y. (Ed.). **Biological control of plant-parasitic Nematodes**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2011. p. 183–201. ISBN 978-1-4020-9647-1 978-1-4020-9648-8. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-1-4020-9648-8_8. Acesso em: 17 out. 2022.

SILVA, M. A. *et al.* Screening of beneficial microorganisms to improve soybean growth and yield. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 63, p. e20190463, 2020. ISSN 1678-4324, 1516-8913. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-89132020000100219&tlng=en. Acesso em: 31 out. 2022.

THOMAS, A. L.; COSTA, J. A. Influência do déficit hídrico sobre o tamanho das sementes e vigor das plântulas de soja. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 2, p. 57 – 61, 1996.

VALICENTE, F. H. Controle biológico de pragas com entomopatógenos. 2009. Accepted: 2011-04-10T11:11:11Z Publisher: Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 30, n. 251, p. 48-55, jul./ago. 2009. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/574316>. Acesso em: 06 out. 2022.

VERNETTI, F. d. J.; GASTAL, M. F. d. C. **Descrição botânica da soja**. [S.l.]: Embrapa, 1979.

VIDAL, M. C. *et al.* Bioinsumos: a Construção de um Programa Nacional pela Sustentabilidade do Agro Brasileiro. **Economic Analysis Of Law Review**, v. 12, p. 557–574, set. 2021.

WANG, J. *et al.* Effect of root exudates on beneficial microorganisms—evidence from a continuous soybean monoculture. **Plant Ecology**, v. 213, n. 12, p. 1883–1892, dez. 2012. ISSN 1385-0237, 1573-5052. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11258-012-0088-3>. Acesso em: 31 out. 2022.

WEB of SCIENCE. **Scientific and academic research**. 2022. Disponível em: <https://apps.webofknowledge.com>. Acesso em: 05 out. 2022.

XI, X. *et al.* Evaluation of the anti-oomycete bioactivity of rhizosphere soil-borne isolates and the biocontrol of soybean root rot caused by *Phytophthora sojae*. **Biological Control**, v. 166, p. 104818, mar. 2022. ISSN 10499644. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1049964421002887>. Acesso em: 31 out. 2022.

XIANG, M. *et al.* Effect of environment on the abundance and activity of the nematophagous fungus *Hirsutella minnesotensis* in soil. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 71, n. 3, p. 413–417, mar. 2010. ISSN 01686496, 15746941. Disponível em: <https://academic.oup.com/femsec/article-lookup/doi/10.1111/j.1574-6941.2009.00810.x>. Acesso em: 31 out. 2022.

YANG, H. *et al.* Endophytic fungal communities associated with field-grown soybean roots and seeds in the Huang-Huai region of China. **PeerJ**, v. 6, p. e4713, abr. 2018. ISSN 2167-8359. Disponível em: <https://peerj.com/articles/4713>. Acesso em: 31 out. 2022.

YUAN, M. *et al.* Rhizosphere Soil Bacterial Communities of Continuous Cropping-Tolerant and Sensitive Soybean Genotypes Respond Differently to Long-Term Continuous Cropping in Mollisols. **Frontiers in Microbiology**, v. 12, p. 729047, set. 2021. ISSN 1664-302X. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2021.729047/full>. Acesso em: 31 out. 2022.

ZHANG, B.-h. *et al.* Contrast in soil microbial metabolic functional diversity to fertilization and crop rotation under rhizosphere and non-rhizosphere in the coal gangue landfill reclamation area of Loess Hills. **PLOS ONE**, v. 15, n. 3, p. e0229341, mar. 2020. ISSN 1932-6203. Disponível em: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0229341>. Acesso em: 31 out. 2022.