

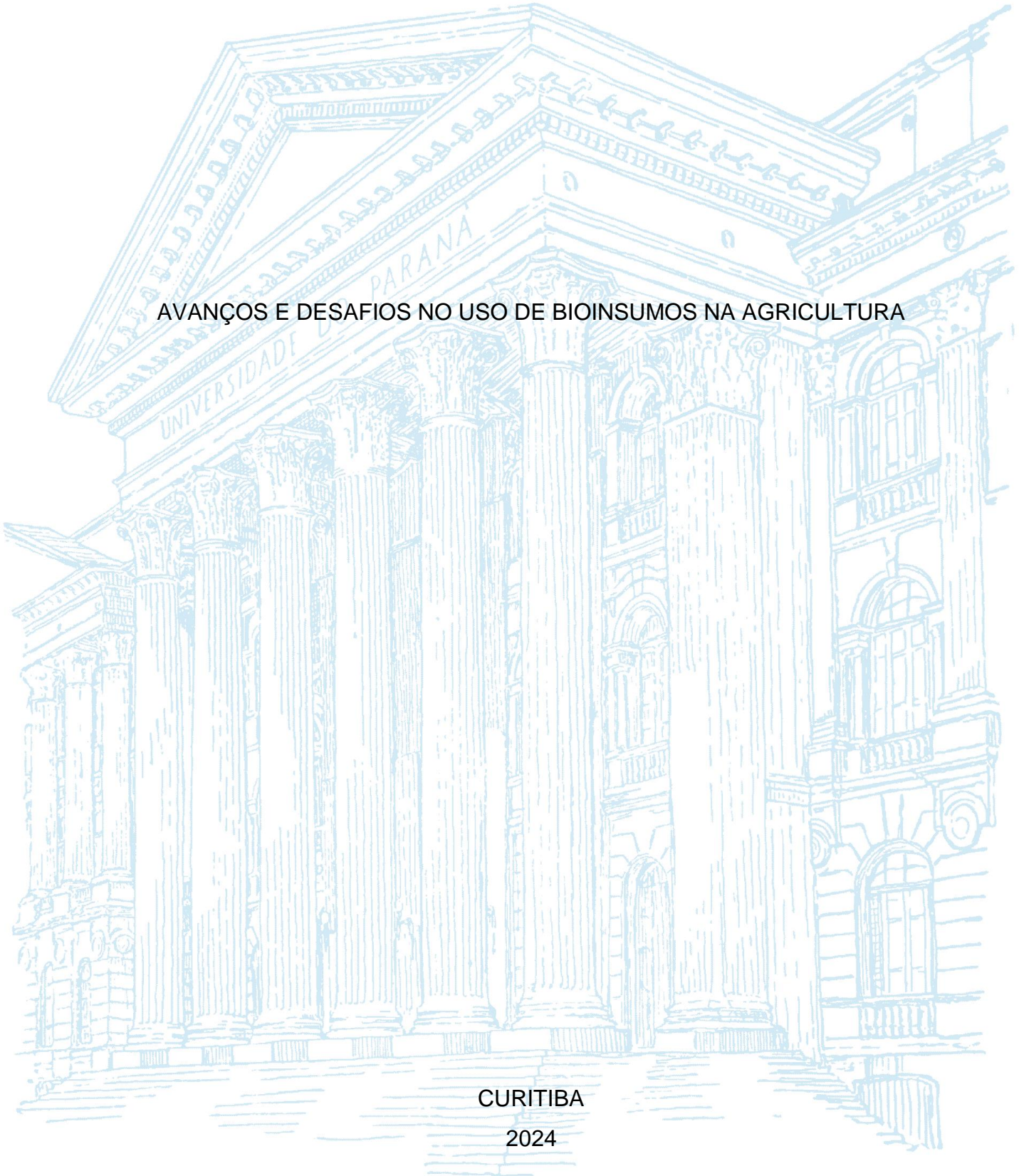
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JÉSSICA ELLEN CHUERI REZENDE

AVANÇOS E DESAFIOS NO USO DE BIOINSUMOS NA AGRICULTURA

CURITIBA

2024



JÉSSICA ELLEN CHUERI REZENDE

AVANÇOS E DESAFIOS NO USO DE BIOINSUMOS NA AGRICULTURA

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

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Miguel Mazaro

CURITIBA

2024

Dedico este trabalho à Deus que me guia diante ao caos, à minha família por incentivar e acreditar em mim e à Viviane, pessoa com quem amo partilhar a vida, pela paciência e por me trazer a paz em meio a correria do dia a dia.

RESUMO

A perda de efetividade de alguns ativos químicos e a seleção de populações de pragas resistentes ocasionando desequilíbrio no sistema produtivo é uma realidade. Isso exige medidas de manejo eficientes para que perdas econômicas de produtividade sejam evitadas. Com isso, a produção sustentável é o único caminho para a agropecuária brasileira e uma grande oportunidade de negócios. Dessa forma, cresce a importância dos bioinsumos, em que o potencial dos ativos biológicos é colocado em um novo patamar de significância para os sistemas sustentáveis de produção. Os bioinsumos podem ser classificados em agentes biológicos, extratos vegetais e substâncias húmidas e fúlvicas. Porém, o desenvolvimento e adoção dessas tecnologias pelos agricultores têm enfrentado desafios importantes. O processo de transição não é fácil nem simples, o principal é que o agricultor esteja motivado a fazer mudanças a longo prazo, e que pra isso é necessário investir em equipamentos apropriados, só assim será possível obter resultados que garantam a continuidade das ações, eliminando externalidades negativas e promovendo o Brasil a maior produtor e consumidor de bioinsumos do mundo.

Palavras-chave: Insumos biológicos. Controle biológico. Sustentabilidade. Biofertilizante. Inoculante.

ABSTRACT

The loss of effectiveness of some chemical active ingredients and the selection of resistant pest populations, causing imbalance in the production system is a reality. This requires efficient management measures so that economic productivity losses are avoided. Therefore, sustainable production is the only path for Brazilian agriculture and a great business opportunity. In this way, the importance of bioinputs grows, in which the potential of biological assets is placed on a new level of significance for sustainable production systems. Bioinputs can be classified into biological agents, plant extracts and humic and fulvic substances. However, the development and adoption of these technologies by farmers has faced important challenges. The transition process is not easy or simple, the main thing is that the farmer is motivated to make long-term changes, and for this it is necessary to invest in appropriate equipment, only then will it be possible to obtain results that guarantee the continuity of actions, eliminating negative externalities and promoting Brazil as the largest producer and consumer of bioinputs in the world.

Key-words: Biological inputs. Biological control. Sustainability. Biofertilizer. Inoculant.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.2	OBJETIVOS	18
1.2.1	Objetivo geral	18
1.2.2	Objetivos específicos.....	18
2	REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1	BIOINSUMOS NO BRASIL.....	19
2.2	AGENTES BIOLÓGICOS	20
2.3	EXTRATOS VEGETAIS	21
2.4	SUBSTÂNCIAS HÚMICAS E FÚLVICAS.....	22
3	DISCUSSÃO	23
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
	REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

Uma grande mudança de modelo tecnológico está em curso na agricultura. Agora é a questão biológica que embala profundas transformações. A busca por tecnologias sustentáveis para controlar pragas e doenças, para fazer crescer plantas e para fertilizar os solos é cada vez mais crescente no setor produtivo, ou seja, cresce em meio aos agricultores e técnicos a visão de que é preciso fazer uma agricultura de processos e não apenas de insumos. De que é necessário fazer uma agricultura regenerativa, conservando o solo com plantas de cobertura, preservando e desenvolvendo a microbiota do solo e utilizando insumos biológicos.

Essas recentes confirmações acabam dando suporte a formação de uma nova tendência do jeito de conceber a agricultura, onde os insumos biológicos são realidade no campo e rendem bilhões de reais em economia, em razão do uso do controle biológico e da fixação biológica de nitrogênio. Com isso, cresce a importância dos bioinsumos, em que o potencial dos ativos biológicos é colocado em um novo patamar de significância para os sistemas sustentáveis de produção. (MEDEIROS; ESPINDOLA, 2018).

Neste contexto, os bioinsumos constituem hoje uma nova promessa tecnológica que abre a possibilidade de reconciliar interesses dentro do âmbito agropecuário, oferecendo soluções inovadoras para responder a um crescimento cada vez maior por parte dos consumidores e setor produtivo que exigem alternativas ao uso expressivo de agroquímicos e agrotóxicos custosos do ponto de vista econômico, ambiental e de saúde (VIDAL, 2021).

O termo bioinsumo, pela etimologia da palavra, pode ser “insumo de origem biológica”. De acordo com o ministério da agricultura, 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 deste termo, também serão empregados “bioprotetores” em referência aos agentes de controle biológico (organismos de ocorrência natural ou introduzido no ambiente para o controle de organismos ou suas atividades que causam danos às culturas) e “promotores de

crescimento de plantas” que são os organismos diretamente relacionados com a promoção do crescimento de plantas que colaboram com o aumento da produtividade das culturas estando aqui englobados os termos inoculantes, bioestimulantes e biofertilizantes (MAPA, 2021).

Dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) mostram que o uso de bioinsumos no controle biológico de pragas e na fixação de nutrientes nas plantas representa uma economia de U\$ 20 bilhões por ano ao setor agrícola. O Brasil, enquanto país com uma das maiores diversidades biológicas do planeta, já é líder mundial em bioinsumos, de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), mas ainda apresenta grande potencial para expandir o uso dessas tecnologias sustentáveis (Rizobacter, 2023).

O Brasil marca uma posição muito sólida na chamada “terceira onda da agricultura tropical”, uma agricultura suportada por insumos biológicos, que foi precedida pela revolução verde e pela atual agricultura que busca a integração dos sistemas. Na safra de verão 20/21, mais de 40 milhões de hectares usaram fixadores biológicos de nitrogênio. A produção sustentável é o único caminho para a agropecuária brasileira e uma grande oportunidade de negócios, o mercado de bioinsumos cresceu 37% atingindo R\$ 1,7 bilhão na safra 20/2, segundo levantamento da consultoria Spark Inteligência Estratégica (Forbes, 2022).

O investimento em bioinsumos se torna ainda mais atraente quando falamos em emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE) e aquecimento global, tema que ganhou destaque após a COP26, quando diversos países assumiram o compromisso de reduzir as emissões de GEE em 50% até 2030 e atingir a neutralidade de carbono até 2050. O uso de biotecnologias pode significar uma redução de 60% a 90% nas emissões de gases de efeito estufa por hectare/ano (RIZOBACTER, 2022).

Entretanto, a temática da produção sustentável inclui grandes desafios, como por exemplo, o manejo de pragas, doenças, nematoides e plantas daninhas, geralmente associado a um sistema produtivo em desequilíbrio. Comumente nestas áreas, a perda de efetividade de alguns ativos químicos e a seleção de populações de pragas resistentes é uma realidade. Isso desequilibra ainda mais o sistema produtivo, exigindo medidas de manejo eficientes para que perdas econômicas de produtividade sejam evitadas, ou pelo menos mitigadas (MEYER *et al.*, 2022, p. 75)

O grande desafio que tem se observado é a preservação desses produtos na fazenda, na maioria dos casos sem controle de temperatura, e armazenados por longos períodos e muitas vezes em condições inadequadas. Também em alguns casos tem se observado tratamentos prévios, quando utilizados nas sementes, o que gera perda de viabilidade, seja por condições ambientais adversas ou até mesmo por incompatibilidade. Neste sentido, este trabalho tem o objetivo de especificar os bioinsumos dividindo-os em extratos vegetais, agentes biológicos e substâncias húmicas e fúlvicas, além de demonstrar os desafios na adoção pelos agricultores (MEYER *et al.*, 2022).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Demonstrar os avanços e desafios do uso de bioinsumos no Brasil.

1.1.2 Objetivos específicos

Demonstrar a importância, desafios e perspectivas da adesão de bioinsumos pelos agricultores no Brasil e caracterizar os bioinsumos mais utilizados na agricultura brasileira.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 BIOINSUMOS NO BRASIL

Historicamente, o investimento realizado em pesquisa agropecuária no Brasil e no mundo passou por iniciativas relacionadas ao desenvolvimento de pacotes tecnológicos, que incluíam os insumos modernos (sementes melhoradas, adubos sintéticos, agrotóxicos, etc), cujos resultados apresentavam como uma boa resposta para um determinado sistema produtivo, mas não privilegiaram as ações de sistemas inovadores e disruptivos como os sistemas orgânicos de produção. Estes sistemas têm como princípio a diversidade, a complexidade ecológica, a biodiversidade funcional, a promoção de práticas sustentáveis e a interação dos componentes do sistema natural que, em conjunto, garantem o equilíbrio e a saúde dos sistemas produtivos, favorecendo, assim, a equação da sustentabilidade (EALR, 2021).

Entretanto, não é somente na agricultura orgânica ou abordagens de agriculturas sustentáveis que há demanda pelo uso de produtos isentos de contaminantes fósseis e mais naturais. No Brasil, há experiências de grandes áreas de produção onde o uso de técnicas mais sustentáveis e boas práticas são relevantes e vem refletindo em redução de custos de produção associados a atenuação do uso de insumos químicos, com manutenção de produtividade e melhoria das condições biológica e mineral dos solos (EALR, 2021).

Um bom exemplo destes trabalhos vem sendo realizado pelo GAAS – Grupo Associado de Agricultura Sustentável. As práticas de produção desses agricultores convencionais, porém inovadores, em sua maioria, que têm como produtos soja, milho, algodão, incluem, normalmente, o uso de microrganismos funcionais, compostagem e microrganismos eficientes, plantas de cobertura, sintropia, desenvolvimento de variedades adaptadas, remineralizadores de solos e multiplicação de produtos biológicos na propriedade (on farm) (EALR, 2021).

Conforme Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020, os bioinsumos são processos e tecnologias de origem animal, vegetal e microbiana destinados ao uso na produção, armazenamento e beneficiamento em sistemas de produção agropecuários, aquáticos e de florestas plantadas, de forma a interferir positivamente no crescimento, desenvolvimento e mecanismo de resposta de

animais, plantas e microrganismos, sendo substâncias derivadas por processos físico-químicos e biológicos. Entre esses produtos têm destaque os inoculantes, biofertilizantes, produtos para nutrição vegetal e animal, defensivos biológicos, associados ao controle biológico, e fitoterápicos, além de outros produtos que agem no crescimento, desenvolvimento e mecanismos de respostas no metabolismo de animais, plantas e microrganismos (Brasil, 202).

O desenvolvimento e adoção dessas tecnologias em controle biológico têm enfrentado desafios importantes, pois, um regime tecnológico inclui conhecimentos construídos com base em aspectos sociais, políticos, infraestrutura, padrões de consumo, crenças e valores culturais, científicos e tecnológicos. Esse conjunto sociotécnico forma um regime tecnológico dominante e estável, provavelmente difícil de modificar, pois são necessárias modificações profundas tanto do lado da oferta quanto da demanda em um processo de longo prazo, o que dificulta a criação de inovações radicais entre regimes distintos, como é o caso dos bioinsumos para controle biológico em contraponto aos agroquímicos. Portanto, para ocorrer uma transição, é importante haver nichos tecnológicos em setores em que a dinâmica inovativa ainda baixa não permite competir de imediato e em condições equivalentes nos principais mercados ocupados pelo regime tecnológico dominante. Devido a isso, os bioinsumos para controle biológico vêm experimentando uma trajetória de desenvolvimento e adoção longa, duradoura e discreta nos processos de produção agrícola (GEELS 2005; BERMUDEZ RODRIGUEZ, 2018).

No Brasil, o controle biológico tem como marco o primeiro registro de importação de um inimigo natural para controle de pragas em 1921. Essa iniciativa contou com a aplicação sem sucesso da vespa parasita *Encarsia berlesei* (Foerster, 1878) (Hymenoptera: Aphelinidae) no controle da cochonilha-branca do pessegueiro – *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni Tozzetti, 1886) (Hemiptera: Diaspididae) –, espécie importada dos EUA (NAVA, 2007; BRASIL, 2019).

2.2 AGENTES BIOLÓGICOS

Os agentes de biocontrole são microrganismos antagonistas com potencial de interferir na sobrevivência ou crescimento dos patógenos. Os principais microrganismos para o controle biológico de doenças são os fungos e as bactérias. Os mecanismos de interações antagônicas são divididos em antibiose, indução de

resistência, parasitismo, predação, competição e promoção de crescimento (MEYER *et al.*, 2022).

As bactérias promotoras de crescimento podem proteger diversas culturas, como cereais e leguminosas, da infecção de diferentes doenças causadas por vírus, fungos, bactérias e nematoides, bem como aquelas causadas por deficiências de nutrientes. Embora as bactérias promotoras de crescimento possam usar vários modos de ação no controle de patógenos de plantas, todo o processo pode ser resumido em dois mecanismos básicos, ou seja, direto e indireto (GLICK, 1995; GUPTA *et al.*, 2012). Os mecanismos de efeito direto sobre os patógenos vegetais incluem a produção de antibióticos como piocianina (PIERSON; THOMASHOW, 1992), produção de sideróforos (O'SULLIVAN; O'GARA, 1992), síntese de cianeto de hidrogênio (GLICK, 1995), enzimas que podem hidrolisar as paredes celulares de patógenos de plantas (MAUCH *et al.*, 1988), competição por locais de colonização e por nutrientes (O'SULLIVAN; O'GARA, 1992; PRASAD *et al.*, 2015), bem como a degradação dos fatores de patogenicidade de substâncias como toxinas e enzimas (PRASAD *et al.*, 2015). Por outro lado, o efeito indireto inclui indução de resistência e promoção de crescimento (GLICK, 1995). As bactérias promotoras de crescimento são conhecidas por produzir uma série de compostos que possuem atividade antimicrobiana, incluindo antibióticos de amplo espectro, enzimas líticas, diferentes tipos de exotoxinas e bacteriocinas (RILEY; WERTZ, 2002).

2.3 EXTRATOS VEGETAIS

O uso de extratos de plantas, por seus efeitos bioestimulantes na agricultura, tem ganhado atenção no cenário atual, com isso uma lista crescente de espécies com essas propriedades tem sido documentada. Extratos usados com frequência incluem algas (algas marinhas), Moringa oleifera, água de sorgo e água de amora (DU JARDIN, 2015; MACHADO *et al.*, 2019; O'KEEFFE *et al.*, 2019; KHAN *et al.*, 2020). As espécies botânicas e de algas contêm importantes compostos bioativos estimuladores do crescimento das plantas, responsáveis pela sua eficácia como bioestimulantes. Esses compostos incluem carboidratos, minerais, hormônios de crescimento, como citocininas e auxinas, betaínas, taninos, flavonoides, alcaloides e saponinas (PERSAUD *et al.*, 2019). Os extratos de plantas podem suprimir os microrganismos, através dos seus compostos bioativos sintetizados no metabolismo

secundário das plantas, inibindo o crescimento e desenvolvimento dos patógenos responsáveis pelo desenvolvimento da doença. (AKULA; RAVISHANKAR, 2011)

2.4 SUBSTÂNCIAS HÚMICAS E FÚLVICAS

Bioestimulantes são definidos como substâncias de origem natural ou sintética que podem ser utilizados no solo, nas sementes ou diretamente nas plantas, estimulando processos vitais e aumento da produtividade das plantas. Dentro de uma abordagem de sustentabilidade agrícola, nas últimas décadas, há uma série de estudos envolvendo o papel das substâncias húmicas (SH) como bioestimulantes do crescimento vegetal (ZANDONAZI, BUSATO, 2012; ZANDONADI *et al.*, 2016). As SH são estruturas que constituem aproximadamente 60% do material orgânico presente nos solos e sedimentos, sendo consideradas elemento chave do ecossistema terrestre (TREVISAN *et al.*, 2010). De acordo com a sociedade internacional de substâncias húmicas (IHSS – International Humic Substance Society), essas substâncias são classificadas de acordo com a solubilidade em diferentes valores de pH: ácidos fúlvicos (AF), quando solúveis em meio alcalino e ácido; ácidos húmicos (AH), quando solúveis em solução alcalina e insolúveis em meio ácido e huminas (H), solúveis em qualquer valor de pH. O seu emprego como bioestimulante está relacionado à sua capacidade de estímulo ao crescimento de raízes laterais, principalmente, mesmo efeito hormonal produzido pela auxina (AIA), favorecendo a absorção de nutrientes e água pelos vegetais (BALMORI *et al.*, 2014; ZANDONADI *et al.*, 2016).

Os efeitos bioestimulantes mais importantes das substâncias húmicas incluem a melhoria do sistema radicular, com o aumento da troca catiônica e a capacidade de retenção de água, além da disponibilização de fósforo e proteção contra variados estresses ambientais. Os efeitos benéficos ocorrem devido às interações resultantes entre a matéria orgânica do solo, os microrganismos e as raízes das plantas (DU JARDIN, 2015; CONSELVAN *et al.*, 2017; SHAHABIVAND *et al.*, 2018).

As substâncias húmicas afetam o metabolismo vegetal primário, o complexo enzimático relacionado aos processos celulares, o metabolismo secundário, a agregação e a estrutura do solo, a capacidade de troca catiônica e de retenção de água, a biodisponibilidade de nutrientes imóveis, como o fósforo, e a diminuição da

toxicidade por alumínio e metais pesados. O efeito das substâncias húmicas pode estimular o crescimento de plantas e ativar rotas bioquímicas que podem resultar na proteção da cultura, amenizando vários estresses, incluindo a proliferação de doenças. Diversos trabalhos comprovam que as substâncias húmicas aumentam a atividade das principais enzimas antioxidantes, responsáveis por neutralizar as respostas ao estresse vegetal. Além disso, foi relatado que a aplicação de substâncias húmicas interfere na comunidade microbiana do solo. Essa interação entre planta e comunidade microbiana pode melhorar os processos fisiológicos envolvidos na defesa contra patógenos e mineralização e solubilização de nutrientes (SCHIAVON *et al.*, 2010; CANELLAS; OLIVARES, 2014).

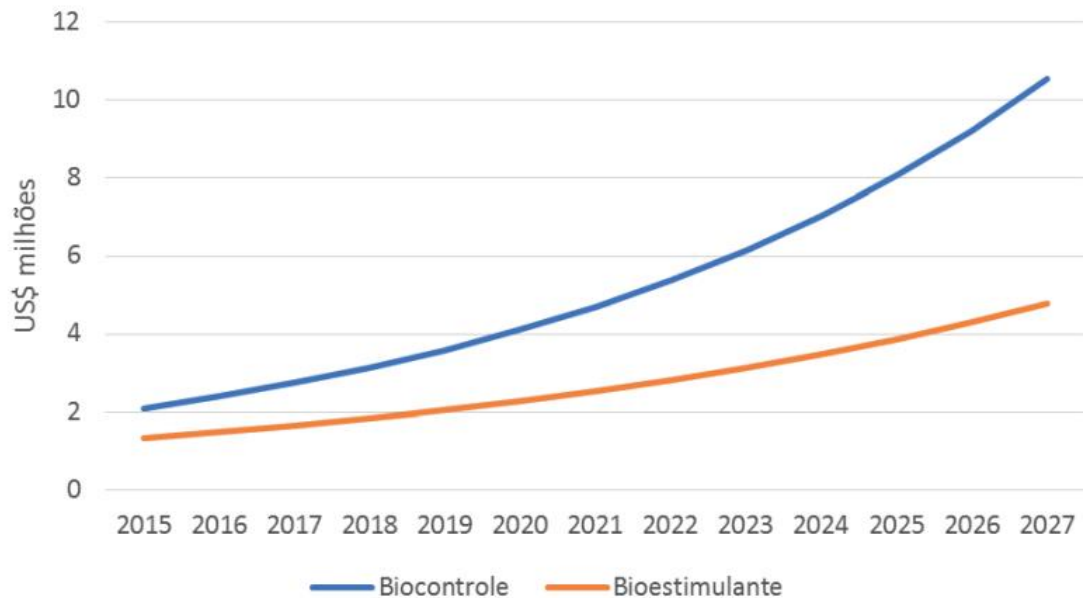
3 DISCUSSÃO

A utilização de bioinsumos vem crescendo no Brasil e no mundo devido aos fatores relacionados às questões regulatórias, de mercado e de manejo das culturas. O mercado global de biológicos para agricultura, que envolve biodefensivos, inoculantes, bioestimulantes e biofertilizantes, foi estimado em US\$9,9 bilhões em 2020 e, nesse rol, apenas os produtos biológicos de controle, respondem por US\$5,2 bilhões (IHS MARKIT, 2021).

A expectativa é a de que o mercado mundial de bioinsumos continue apresentando elevada taxa de crescimento, alcançando um valor acima de US\$ 10 bilhões para biodefensivos e US\$ 3 bilhões para bioestimulantes (FIGURA 1).

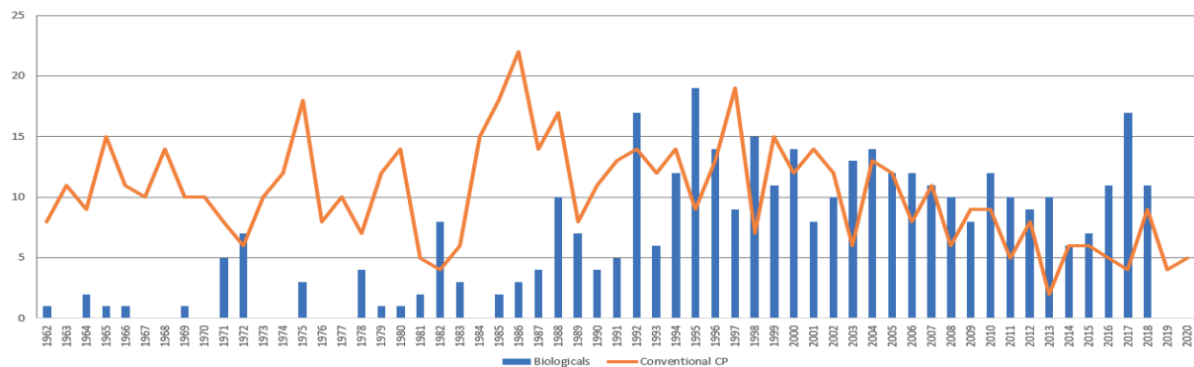
Um outro fator de estímulo ao mercado de produtos biológicos está relacionado à redução das opções de controle de pragas e doenças, devido à perda de efetividade de alguns ativos químicos, acelerada pelo uso intensivo e consequente surgimento de resistência. Esse fato aliado à menor velocidade de desenvolvimento e lançamento de novas moléculas, abre espaço para opções com modos de ação distintos, como são os produtos biológicos. Com isso, se observa que, enquanto novos produtos convencionais colocados à disposição de produtores apresentam tendência de queda, os produtos biológicos mostram evolução no sentido contrário. Em anos recentes, no mundo, os lançamentos de produtos biológicos superam os defensivos químicos (FIGURA 2).

FIGURA 1 – ESTIMATIVA DE CRESCIMENTO GLOBAL DE PRODUTOS BIOLÓGICOS DE CONTROLE E BIOESTIMULANTES.



FONTE: Dunham Trimmer (2021).

FIGURA 2 – NOVOS PRODUTOS BIOLÓGICOS E CONVENCIONAIS PARA DEFESA VEGETAL INTRODUZIDOS POR ANO MUNDIALMENTE.

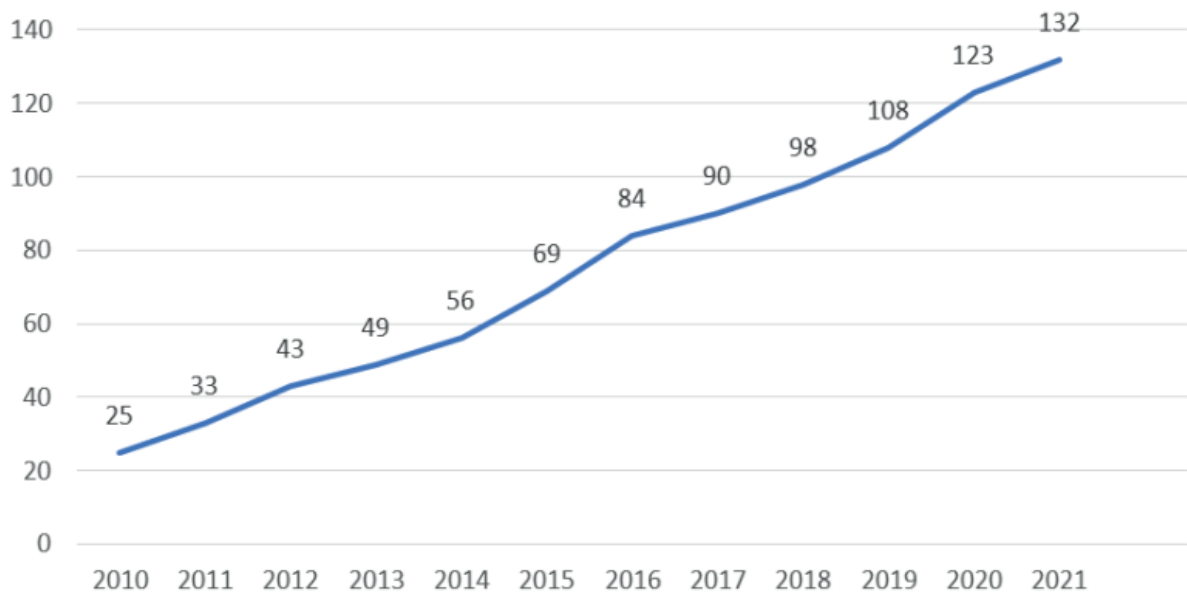


FONTE: IHS Markit (2021).

É preciso destacar também que, com o desenvolvimento de formulações e novas tecnologias de produção, os produtos biológicos têm propiciado resultados melhores no campo, o que eleva a credibilidade e, como consequência, os níveis de adoção dessa categoria de insumos. É interessante destacar que, por se tratar de um segmento em que as barreiras à entrada não são tão elevadas quanto as verificadas na indústria de defensivos químicos, se observa crescente participação de empresas de menor porte, muitas delas nacionais. Há, atualmente, cerca de 132 empresas com registros de biológicos ativos no Brasil (FIGURA 3). Vale ressaltar

que nos últimos anos houve uma agilização no tempo de obtenção de registros de produtos biológicos. Segundo a Move Analytics, o tempo médio entre a submissão do pedido de registro de bio defensivos e a publicação da autorização no Diário Oficial da União passou de 2 anos em 2010 para 9 meses em 2021. demais, discussões para estímulos ao desenvolvimento científico, tecnológico e de inovação estão sendo priorizadas no âmbito do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, conforme a publicação da Portaria MCTI no 5218 de 2021 (BRASIL, 2021).

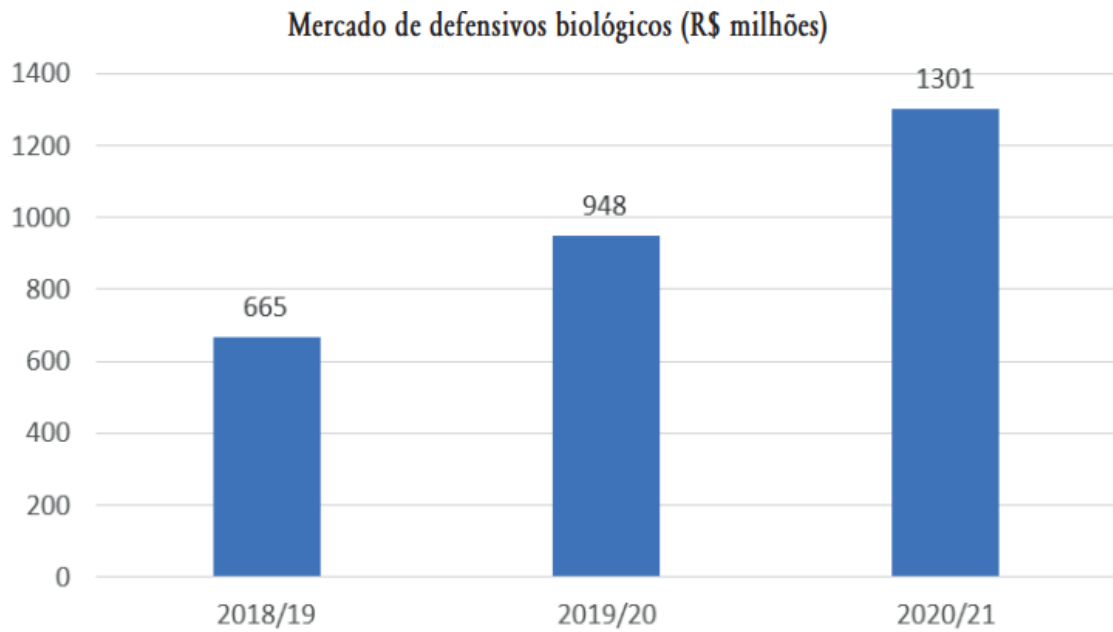
FIGURA 3 – NÚMERO DE EMPRESAS REGISTRANTES DE PRODUTOS BIOLÓGICOS DE CONTROLE NO BRASIL.



FONTE: Move Analytics (2021).

O maior impulso na adoção de produtos biológicos de controle ocorreu com o surto da lagarta *Helicoverpa armigera* em 2013, que atingiu importantes áreas de soja no Brasil, ocasião em que os bioinseticidas mostraram eficiência no controle. Desde então, a indústria vem intensificando investimentos em pesquisa e desenvolvimento, resultando em maior inovação tecnológica e lançamentos de novos produtos. Uma pesquisa realizada em 2021 apontou que o mercado de biológicos de controle chegou a R\$1,3 bilhão de reais, em nível de produtor (farm gate price) na safra 20/21, um crescimento de 37% em relação a 2019/20 (FIGURA 4). Destacando-se a cultura da soja com a adoção do uso de biológicos em 46%, quando comparado com as demais culturas. Demonstrando, assim, que a cultura da soja tem alavancado a adoção de bioinsumos no Brasil.

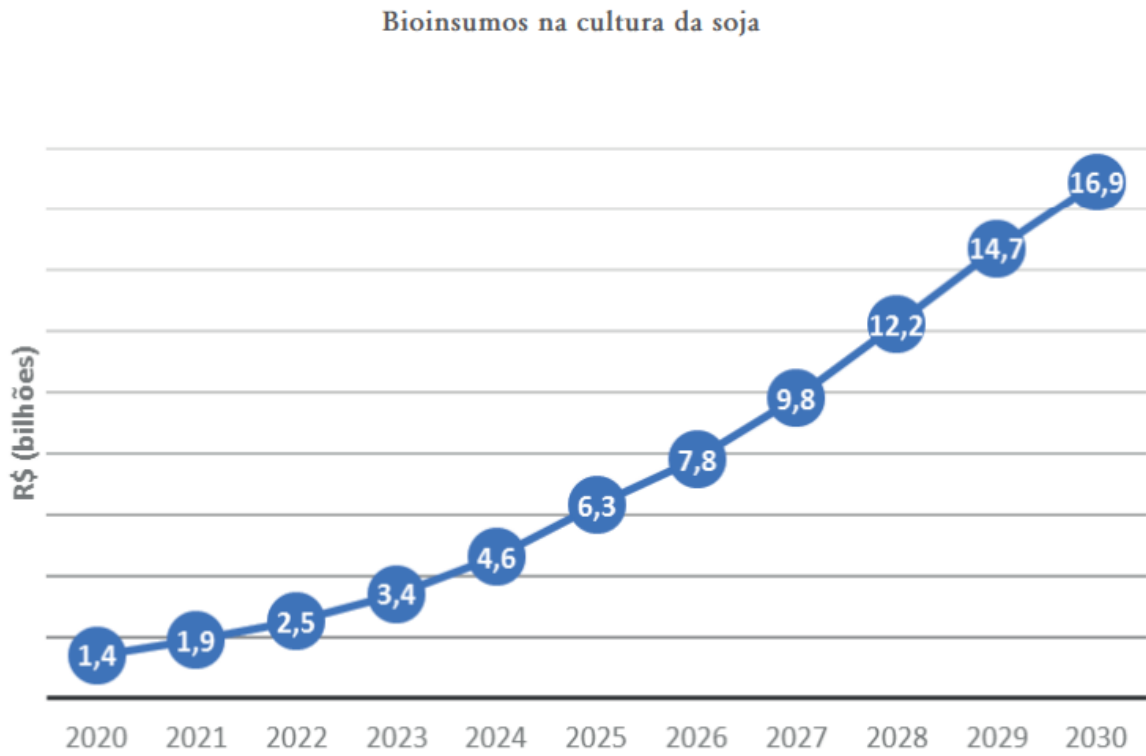
FIGURA 4 – MERCADO DE BIODEFENSIVOS EM MILHÕES DE REAIS (R\$).



FONTE: Valor Econômico (2021).

Neste sentido, apesar do Brasil se posicionar atrás da Europa e Estados Unidos, com 5% do mercado global, o ritmo de crescimento consolidará um novo patamar nos próximos anos. A projeção é que em 2030 este setor alcance R\$ 16,9 bilhões, considerando uma taxa de crescimento acumulada GAGR de 35% até 2025 e de 25% até 2030 (FIGURA 5).

FIGURA 5 – ESTIMATIVA DE EVOLUÇÃO DO MERCADO DE BIODEFENSIVOS NO BRASIL.



FONTE: IHS Markit (2021).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os bioinsumos são uma realidade no país. Há tecnologia, conhecimento, redes e muitos desafios produtivos que podem estimular o desenvolvimento de alternativas a partir dos bioinsumos, sempre e desde que, as iniciativas públicas apoiem esses processos. Nessa mudança, a grande questão é se os agricultores continuarão reféns do pacote tecnológico da indústria, que achata as suas rendas, ou se trilharão caminhos de maior autonomia. Para isso, é preciso que as políticas públicas fomentem essa mudança para uma agricultura sustentável com bases agroecológicas para produzir alimentos mais saudáveis e nutritivos com maior autonomia tecnológica e menor risco para o agricultor.

O processo de transição não é fácil nem simples e pode avançar e recuar de acordo com as condições de clima e mercado que vão mudando ao longo do ano. É muito difícil que um agricultor sozinho consiga fazer a mudança, o ideal é que participe de um grupo de agricultores com os quais possa trocar experiências, tirar dúvidas e somar esforços. A assistência técnica especializada de qualidade também é muito importante. Mas o principal é que o agricultor esteja motivado a fazer mudanças, e mudanças a longo prazo, com um planejamento para vários anos.

O produtor rural deverá ter a percepção que a facilidade de manejo de pragas e doenças não é mais a mesma, os desafios serão muito maiores, e que ele terá um papel importante, para buscar reverter as condições de cultivo em desequilíbrio. Se há intenção de impactar fortemente no tema dos bioinsumos, é fundamental investir em formação, capacitação, extensão rural e boas práticas.

Só em uma ação coordenada de conscientização com os diferentes agentes da rede de produção, mostrando que o produtor irá fazer uso de agentes biológicos, que está trabalhando com microrganismos vivos e estes devem chegar ao campo viáveis, e que pra isso é necessário investir em equipamentos apropriados, será possível obter resultados robustos e estruturais que garantam a continuidade das ações, eliminando externalidades negativas e promovendo o Brasil a maior produtor e consumidor de bioinsumos do mundo.

REFERÊNCIAS

- AKULA, R.; RAVISHANKAR, G. A. **Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants.** *Plant Signaling & Behavior*, v. 6, n. 11, p. 1720-1731, 2011.
- BALMORI, D. M.; SPACCINI, R.; AGUIAR, N. O. A.; NOVOTNY, E. H.; OLIVARES, F.L.; CANELLAS, L. P. **Molecular Characteristics of Humic Acids Isolated from Vermicomposts and Their Relationship to Bioactivity.** *Journal Agricultural Food Chemistry*. v.62, p.11412–11419, 2014.
- BERMUDEZ RODRIGUEZ, L. T. B. **Transiciones socio-técnicas hacia una movilidad de bajo carbono: un análisis del nicho de los buses de baja-emisión para el caso de Brasil.** Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2018.
- BRASIL. **Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020.** Institui o Programa Nacional de Bioinsumos e o Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos. Diário Oficial [da] União, 27 maio 2020. Seção1, p.105-106.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Mercado de biodefensivos cresce mais de 70% no Brasil em um ano.** 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/feffmercado-de-biodefensivos-cresce-em-mais-de-50-no-brasil>. Acesso em: 12 nov. 2023.
- CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L. **Physiological responses to humic substances as plant growth promoter.** *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, v. 1, n. 1, p. 1-11, 2014.
- CONSELVAN, G. B.; PIZZEGHELLO, D.; FRANCIOSO, O.; DI FOGGIA, M.; NARDI, S.; CARLETTI, P. **Biostimulant activity of humic substances extracted from leonardites.** *Plant and Soil*, v. 420, n. 1, p. 119-134, 2017.
- DU JARDIN, P. **Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation.** *Scientia Horticulturae*, v. 196, p. 3-14, 2015.
- EALR, Economic Analysis of Law Review. **Bioinsumos: a Construção de um Programa Nacional pela Sustentabilidade do Agro Brasileiro.** V. 12, n. 3, p. 557-574, 2021.
- FORBES. 2022. **Como o Brasil se tornou líder mundial em bioinsumos.** Disponível em: <https://forbes.com.br/colunas/2022/03/como-o-brasil-se-tornou-lider-mundial-em-bioinsumos/>. Acesso em: 24 nov. 2023.
- GEELS, F. W. **The dynamics of transitions in socio-technical systems: a multi-level analysis of the transition pathway from horse drawn carriages to automobiles.** *Technology Analysis & Strategic Management*, v.17, p.445-476, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1080/09537320500357319>.

GLICK, B. R. **The enhancement of plant growth by free-living bacteria.** Canadian journal of microbiology, v. 41, n. 2, p. 109-117, 1995.

GUPTA, G. K.; SHARMA, S. K.; RAMTEKE, R. **Biology, epidemiology and management of the pathogenic fungus *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid with special reference to Charcoal Rot of Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill).** Journal of Phytopathology, v. 160, n. 4, p. 167-180, 2012.

IHS MARKIT. **Annual New Product Introductions: Biological vs Conventional.** Disponível em: https://ihsmarkit.com/research-analysis/biologicals_innovation.html. Acesso em 05 dez. 2023.

KHAN, S.; BASRA, S. M. A.; NAWAZ, M.; HUSSAIN, I.; FOIDL, N. **Combined application of moringa leaf extract and chemical growth-promoters enhances the plant growth and productivity of wheat crop (*Triticum aestivum* L.).** South African Journal of Botany, v. 129, p. 74-81, 2020.

MACHADO, L. P.; GASPAROTO, M. C. G.; ALVES, N. **Seaweeds in the control of plant diseases and insects.** In: PEREIRA, L.; BAHCEVANDZIEV, K.; JOSHI, N. H. (Eds.). Seaweeds as plant fertilizer, agricultural biostimulants and animal fodder. Boca Raton: CRC Press, 2019. p. 100-127.

MAPA. 2023. **Conceitos.** Ministério da Agricultura e Pecuária. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos/o-programa/conceitos>. Acesso em: 09 nov. 2023.

MAUCH, F.; MAUCH-MANI, B.; BOLLER, T. **Antifungal hydrolases in pea tissue: II. Inhibition of fungal growth by combinations of chitinase and -1, 3-glucanase.** Plant Physiology, v. 88, n. 3, p. 936-942, 1988.

MEDEIROS, C. A. B.; ESPINDOLA, J. A. A. **Fome zero e agricultura sustentável.** Embrapa, Brasília, 2018.

MEYER, M. C., BUENO, A. F., MAZARO, S. F., SILVA, J. C. **Bioinsumos na cultura da soja.** Embrapa, Brasília. 2022.

NAVA, D. E. **Controle biológico de insetos-praga em frutíferas de clima temperado: uma opção viável, mas desafiadora.** (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 208). Pelotas, 2007.

O'KEEFFE, E.; HUGHES, H.; MCLOUGHLIN, P.; TAN, S. P. **Antibacterial activity of seaweed extracts against plant pathogenic bacteria.** Journal of Bacteriology and Mycology, v.6, n. 3., p. 1105, 2019.

O'SULLIVAN, D. J.; O'GARA, F. **Traits of fluorescent *Pseudomonas* spp. involved in suppression of plant root pathogens.** Microbiological Reviews, v. 56, n. 4, p. 662-676, 1992.

PERSAUD, R.; KHAN, A.; ISAAC, W. A.; GANPAT, W.; SARAVANAKUMAR, D. **Plant extracts, bioagents and new generation fungicides in the control of rice sheath blight in Guyana.** *Crop Protection*, v. 119, p. 30-37, 2019.

PIERSON III, L. S.; THOMASHOW, L. S. **Cloning and heterologous expression of the phenazine biosynthetic.** *Molecular Plant-Microbe Interactions*, v. 5, p. 330-339, 1992.

PRASAD, R.; KUMAR, M.; VARMA, A. **Role of PGPR in soil fertility and plant health.** In: EGAMBERDIEVA, D.; SHRIVASTAVA, S.; VARMA, A. (Eds.) *Plant-growth-promoting rhizobacteria (PGPR) and medicinal plants*. Switzerland: Springer, Cham., 2015. p. 247-260. DOI: 10.1007/978-3-319-13401-7.

RILEY, M. A.; WERTZ, J. E. **Bacteriocins: evolution, ecology, and application.** *Annual Reviews in Microbiology*, v. 56, n. 1, p. 117-137, 2002.

RIZOBACTER. 2022. **Bioinsumos: Brasil lidera, mas ainda tem grande potencial a explorar.** Disponível em: <https://rizobacter.com.br/novidades/5/noticias/110/bioinsumos:-brasil-lidera,-mas-ainda-tem-grande-potencial-a-explorar>. Acesso em: 20 nov. 2023.

RIZOBACTER. 2023. **Uso de produtos biológicos se torna protagonista no sistema de produção agrícola.** Disponível em: <https://rizobacter.com.br/novidades/1/todas/126/uso-de-produtos-biologicos-se-torna-protagonista-no-sistema-de-producao-agricola>. Acesso em: 20 nov. 2023.

SCHIAVON M.; PIZZEGHELLO D.; MUSCOLO A.; VACCARO S.; FRANCIOSO O.; NARDI S. **High molecular size humic substances enhance phenylpropanoid metabolism in maize (*Zea mays* L.).** *Journal of Chemical Ecology*, v.36, p.662-669, 2010.

SHAHABIVAND, S.; PADASH, A.; AGHAEI, A.; NASIRI, Y.; FATHI REZAEI, P. **Plant biostimulants (*Funneliformis mosseae* and humic substances) rather than chemical fertilizer improved biochemical responses in peppermint.** *Iranian Journal of Plant Physiology*, v. 8, n. 2, p. 2333-2344, 2018.

TREVISAN, S.; PIZZEGHELLO, D.; RUPERTI, B.; FRANCIOSO, O.; SASSI, A.; PALME, K.; QUAGGIOTTI, S.; NARDI, S. **Humic substances induce lateral root formation and expression of the early auxin-responsive IAA19 gene and DR5 synthetic element in *Arabidopsis*.** *Plant Biology*. v.12, p.604-614, 2010.

VIDAL, M. C. Bioinsumos e a produção orgânica de hortaliça. **Hortaliças em Revista**. Brasília, n. 32, p. 10, 2021.

ZANDONADI, D. B.; BUSATO, J. G. **Vermicompost humic substances: technology for converting pollution into plant growth regulators.** *IJESER*, v.3, n.2, p 73- 84, 2012.

ZANDONADI, D. B.; SANTOS, M. P.; CAIXETA, L. S.; MARINHO, E. B.; PERES, L. E.; FAÇANHA, A. R. **Plant proton pumps as markers of biostimulant action.** *Scientia Agricola*. v. 73, p. 24-28, 2016.