

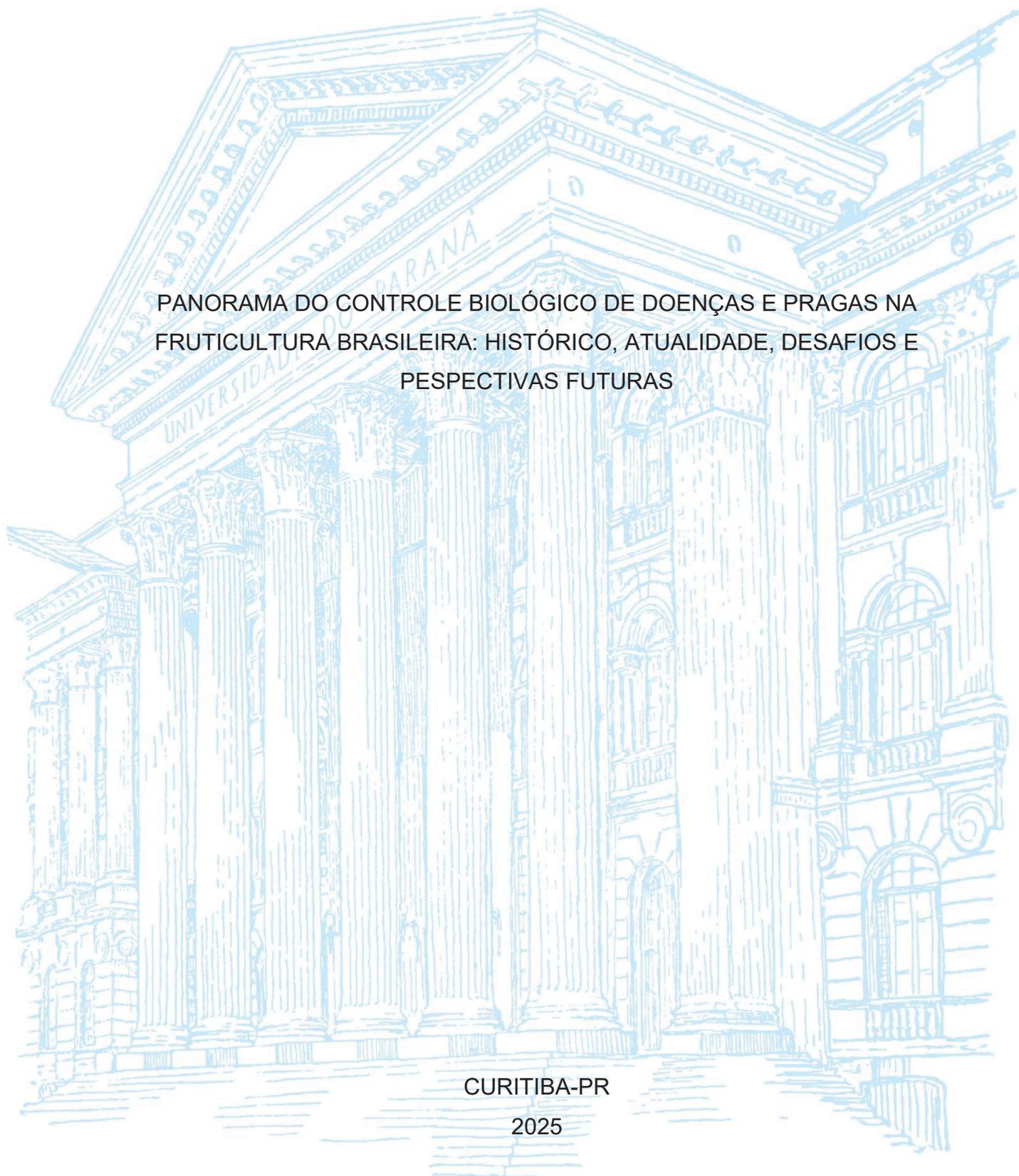
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CAIO CÉSAR PEREIRA LEAL

PANORAMA DO CONTROLE BIOLÓGICO DE DOENÇAS E PRAGAS NA
FRUTICULTURA BRASILEIRA: HISTÓRICO, ATUALIDADE, DESAFIOS E
PESPECTIVAS FUTURAS

CURITIBA-PR

2025



CAIO CÉSAR PEREIRA LEAL

PANORAMA DO CONTROLE BIOLÓGICO DE DOENÇAS E PRAGAS NA
FRUTICULTURA BRASILEIRA: HISTÓRICO, ATUALIDADE, DESAFIOS E
PESPECTIVAS FUTURAS.

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

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Sandri Capucho

CURITIBA-PR

2025

AGRADECIMENTOS

Pós-Graduação *Lato Sensu* em Fitossanidade, Universidade Federal do Paraná pela oportunidade de estudar numa instituição reconhecida a nível nacional e internacional.

Ao Professor Dr. Alexandre Sandri Capucho por todas as considerações e paciência ao decorrer do desenvolvimento deste trabalho.

À todos os estudantes, professores e demais colaboradores da turma de 2024 que fizeram parte desta jornada.

RESUMO

A fruticultura, assim como outros tipos de produção agrícola no Brasil, tem enfrentado problemas com o ataque de pragas e de doenças, fator que demanda a escolha de métodos de controle com o objetivo de reduzir perdas de produtividade. Em contrapartida, o mercado consumidor tem se tornado mais exigente quanto a qualidade das frutas e hortaliças, exigindo cada vez a redução de resíduos químicos, prejudiciais a saúde. Diante do cenário acima exposto, este estudo foi desenvolvido com o objetivo de apresentar o histórico, atualidades, desafios e perspectivas para o manejo biológico de doenças e pragas na fruticultura brasileira. O embasamento bibliográfico destacou a importância do controle biológico de pragas e doenças na agricultura brasileira como uma alternativa viável e necessária ao uso intensivo de pesticidas químicos. A análise das abordagens de importação, conservação e aumento de inimigos naturais revela um potencial significativo para uma agricultura mais sustentável, especialmente na fruticultura. Embora a importação possa oferecer soluções rápidas, é crucial avaliar os riscos ecológicos associados. Métodos conservativos e aumentativos demonstram que é possível integrar diversas estratégias em um sistema de manejo mais holístico. A inclusão de microrganismos indutores de resistência e microparasitas também apresenta novas oportunidades para reduzir a dependência de químicos. No entanto, resistências por parte dos agricultores e a burocracia nos processos regulatórios ainda representam desafios. Assim, é essencial um esforço colaborativo entre pesquisadores, formuladores de políticas e produtores para facilitar a adoção dessas práticas, investindo em educação e pesquisa para promover uma agricultura mais resiliente e sustentável, contribuindo para a segurança alimentar e a preservação dos ecossistemas.

Palavras-chave: Microrganismos indutores. Microparasitas. Produção de frutas. Desafios. Produção sustentável.

ABSTRACT

Fruit farming, like other types of agricultural production in Brazil, has faced problems with pests and diseases, a factor that demands the choice of control methods with the aim of reducing productivity losses. In contrast, the consumer market has become more demanding regarding the quality of fruits and vegetables, increasingly demanding the reduction of chemical residues, which are harmful to health. Given the scenario described above, this study was developed with the aim of presenting the history, current events, challenges and perspectives for the biological management of diseases and pests in Brazilian fruit farming. The bibliographic basis highlighted the importance of biological control of pests and diseases in Brazilian agriculture as a viable and necessary alternative to the intensive use of chemical pesticides. The analysis of the approaches to importing, conserving and augmenting natural enemies reveals significant potential for more sustainable agriculture, especially in fruit farming. Although importing can offer quick solutions, it is crucial to assess the associated ecological risks. Conservative and augmentative methods demonstrate that it is possible to integrate several strategies into a more holistic management system. The inclusion of resistance-inducing microorganisms and microparasites also presents new opportunities to reduce dependence on chemicals. However, resistance from farmers and bureaucracy in regulatory processes still represent challenges. Therefore, a collaborative effort between researchers, policymakers and producers is essential to facilitate the adoption of these practices, investing in education and research to promote more resilient and sustainable agriculture, contributing to food security and the preservation of ecosystems.

Keywords: Resistance-inducing microorganisms. Microparasites. Fruit production. Challenges. Sustainable production.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 JUSTIFICATIVA	16
1.2 OBJETIVOS	17
1.2.1 Objetivo geral	17
1.2.2 Objetivos específicos.....	18
1.3 METODOLOGIA.....	18
2 REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 CONTROLE BIOLÓGICO	19
2.2 USO DE MICRORGANISMOS INDUTORES DE RESISTÊNCIA E MICROPARASITAS NO CONTROLE BIOLÓGICO DE DOENÇAS E PRAGAS	21
2.3 HISTÓRICO DO CONTROLE BIOLÓGICO NO BRASIL	23
2.4 COMO BIODEFENSIVOS NO BRASIL.....	26
2.5 REGISTRO DE DEFENSIVOS E CONTROLES BIOLÓGICOS E OS PRINCIPAIS AGENTES BIOLÓGICOS UTILIZADOS NA FRUTICULTURA	28
2.6 DESAFIOS DA FRUTICULTURA E O CONTROLE BIOLÓGICO: ADEQUAÇÃO PARA EXPORTAÇÃO.....	30
2.7 PERSPECTIVAS PARA O AVANÇO DO CONTROLE BIOLÓGICO NA FRUTICULTURA BRASILEIRA.....	33
3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	36
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

A fruticultura desempenha um papel vital na economia agrícola brasileira, fator que tem contribuído de forma significativa para a alimentação e a geração de emprego e renda em diversas regiões do país, principalmente em áreas irrigadas. Luchi e Silva (2025) mostram que o Produto Interno Bruto (PIB) do setor agropecuário no Brasil apresentou um aumento de 8,36% em 2021. Em relação ao PIB total do país, a participação do agronegócio pode alcançar 22% em 2024. Contudo, em 2024, houve uma redução de 3,2% devido a condições climáticas desfavoráveis. Os autores finalizam afirmando esperar que o agronegócio brasileiro desempenhe um papel crucial no impulso do PIB no primeiro trimestre de 2024.

Apesar de desempenho grandioso no PIB brasileiro, a produção de frutas tem enfrentado desafios constantes devido ao ataque de pragas e doenças, que podem causar danos de até 100% na produção e/ou qualidade dos frutos (Pimentel, 2009). Na busca pelo combate aos ataques, muitos produtores têm adotado o uso de agrotóxicos, embora comum para o controle de pragas e aumento da produtividade, levanta preocupações significativas em saúde pública e meio ambiente devido aos resíduos deixados em alimentos, especialmente frutas consumidas “*in natura*”, que podem causar problemas de saúde, incluindo irritações e doenças graves como câncer, afetando mais vulneravelmente crianças e gestantes.

Além disso, essa contaminação prejudica a confiança do consumidor, que busca cada vez mais pelo consumo de alimentos saudáveis e orgânicos. Outro problema causado pelo uso de agrotóxicos, no controle de pragas e doenças se dá pela contaminação do solo e da água, impactando ecossistemas e a biodiversidade.

Diante desse cenário, cada vez mais desafiador para a fruticultura, o controle biológico se apresenta como uma alternativa sustentável, podendo ser adotado em substituição, em algumas situações, ao inadequado uso de agrotóxicos, possibilitando um maior equilíbrio biológico nas lavouras e nos ecossistemas, com a adoção de uma agricultura regenerativa, com isso, reduzindo os impactos ambientais negativos (Parra *et al.*, 2014).

Outro ponto positivo, promovido pela substituição do controle químico de pragas e doenças em alimentos, principalmente os consumidos “*in natura*”, está diretamente associado a ausência de resíduos nas frutas, os quais podem prejudicar

a saúde do consumidos. Esse tipo de alimento pode ser direcionado para um público mais exigente e que busca hábitos de vida saudáveis, estando dispostos a pagar mais para ter em suas mesas alimentos de qualidade e livres de contaminantes.

O controle biológico consiste na utilização de organismos vivos, como predadores, parasitoides e microrganismos, para controlar populações de pragas e agentes causais de doenças, possibilitando maiores cuidados tanto para as partes vegetais que se encontram na região do solo, quanto na parte aérea das plantas. Essa abordagem é fundamental para a agricultura moderna, notadamente para fruticultura, pois contribui para a manutenção da biodiversidade e para a saúde do solo, além de atender à crescente demanda dos consumidores por produtos mais saudáveis e livres de resíduos químicos (Rezende *et al.*, 2012).

É importante ressaltar, também que práticas de controle biológico podem ser integradas a outras estratégias de controle, como o manejo integrado de pragas (MIP), resultando em uma abordagem holística e eficaz para o manejo sustentável das culturas frutíferas (Lacey; Shapiro-Ilan, 2008).

A aplicação de métodos de controle biológicos de pragas e doenças na fruticultura tem mostrado resultados promissores nos últimos anos, com aumentos significativos na produtividade e na qualidade dos frutos (Parra, 2002). Assim, a adoção dessas práticas se torna cada vez mais relevante em um cenário de crescente demanda por alimentos saudáveis e sustentáveis.

1.1 JUSTIFICATIVA

Partindo-se da concepção de que Brasil é um dos principais países no cenário global de produção e exportação de frutas. Com uma rica variedade de frutas cultivadas em diversas regiões, ocupa a terceira posição mundial na produção, alcançando mais de 40 milhões de toneladas anualmente (Barcelos, 2021).

Em 2021, as frutas mais cultivadas incluíram laranja, banana, uva, maçã e abacaxi. A citricultura nacional é a maior do mundo, sendo o principal exportador de sucos concentrados na América Latina. A fruticultura brasileira se destaca por oferecer uma ampla gama de frutas durante todo o ano, beneficiada por condições climáticas ideais, práticas agrícolas eficientes e investimentos em pesquisa e tecnologia (Barcelos, 2021).

Apresentando importantes polos frutícolas como: Espírito Santo com a produção de mamão; Vale do São Francisco com uva de mesa e manga; polo Açu/Mossoró com melão, melancia, banana; polo do baixo Jaguaribe/CE com mamão e banana; polo frutícola do norte de minas com destaque para banana e manga; a fruticultura no estado de São Paulo, com destaque para citros e banana; o polo emergente do Tocantins com abacaxi, melancia e banana; entre outros (ABRAFRUTAS, 2024).

Considerando, ainda, as exigências em qualidade dos mercados importadores dessas frutas. Um dos pontos de preocupação para a nossa produção é respeitar o limite máximo de resíduo (LMR) que é a quantidade máxima de um resíduo, oficialmente permitida no alimento, em decorrência da aplicação de agrotóxicos na cultura agrícola.

O rigor quanto ao nível de concentrações de agrotóxicos nas frutas que abastecem o mercado externo tem contribuído de forma decisiva para maiores investimentos em pesquisas e tecnologias agrícolas que possibilitem o desenvolvimento de produtos alternativos para o manejo biológico de pragas e doenças, visto que os produtos de origem natural, geralmente, são livres de resíduos, possibilitando maior equilíbrios para as plantações, principalmente monoculturas, trabalhando uma agricultura mais regenerativa.

Assim, é de extrema importância conhecer o histórico do controle biológico no Brasil, os principais agentes de controle biológicos e produtos usados na fruticultura, além de apresentar uma discussão sobre os desafios enfrentados pelo setor para a adequação desses métodos de controle para as exportações, a fim de uma fruticultura que entregue alimentos com menores concentrações de resíduos prejudiciais saúde e ao bem estar dos consumidores.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Apresentar o histórico, atualidades, desafios e perspectivas para o manejo biológico de doenças e pragas na fruticultura brasileira.

1.2.2 Objetivos específicos

Obter informações sobre o histórico e evolução do manejo biológico no Brasil;
Analisar informações sobre os principais microrganismos utilizados no manejo biológico de doenças e pragas na fruticultura brasileira e seu modo de uso em relação aos principais alvos;

Discutir como tem sido realizado o registro de produtos biodefensivos ao longo do tempo no Brasil.

1.3 METODOLOGIA

Para levantar informações sobre o manejo biológico de doenças e pragas na fruticultura brasileira, bem como descrever os potenciais e evoluções que podem vir a fazer parte do processo produtivo nas diferentes regiões produtoras, optou-se por uma abordagem qualitativa, desenvolvida por meio de uma revisão bibliográfica narrativa.

Assim, para aquisição dos manuscritos utilizados no referencial bibliográfico, utilizou-se o Google Acadêmico, além do Portal Capes, SciELO e da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD, onde foi possível utilizar como filtro as datas de publicações entre os anos de 2015 e 2025. Os artigos que traziam informações relevantes para a discussão foram selecionados para leitura e análise. Optou-se preferencialmente por trabalhos escritos em língua portuguesa, disponibilizados de forma gratuita e integral.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CONTROLE BIOLÓGICO

O controle biológico é um método que envolve a interação entre humanos, doenças e pragas, utilizando agentes naturais que atuam como predadores/parasitas. Embora esse processo ocorra naturalmente em ecossistemas, a eficácia pode ser otimizada pela intervenção humana por meio de três abordagens principais: importação, aumento e conservação de inimigos naturais (Zanuncio Junior *et al.*, 2018).

Segundo Parra *et al.* (2024), o controle biológico pode ser definido como um fenômeno que pode acontecer de forma natural, consistindo na regulação de plantas e animais, por alguns inimigos naturais, os quais são denominados pelos autores como agentes de mortalidade biótica.

A importação, ou Controle Biológico Clássico, consiste na introdução de inimigos naturais de pragas exóticas, visando restaurar o equilíbrio ecológico quando os predadores locais são insuficientes (Silva *et al.*, 2023). Segundo estes autores, a identificação cuidadosa desses agentes é essencial, levando em consideração aspectos coevolutivos e dinâmicas populacionais.

Conforme Parra *et al.* (2024), após a importação, os agentes passam por rigorosos processos de quarentena e avaliação de riscos antes de serem liberados, pois o sucesso dessa estratégia depende de fatores como a genética da população introduzida e a estratégia de liberação, podendo exigir monitoramento contínuo.

Apesar dos cuidados, há riscos ecológicos associados à introdução de espécies exóticas, especialmente se os agentes não forem específicos para a praga-alvo, o que pode prejudicar a biodiversidade local (Bueno *et al.*, 2015). No Brasil, existem regulamentações para minimizar esses riscos, e a pesquisa na área tem se aprofundado em estratégias mais seguras. Historicamente, a importação de inimigos naturais já trouxe resultados positivos, com mais de 2.700 agentes introduzidos em 196 países, geralmente sem impactos ambientais negativos significativos (Heimpel; Mills, 2017). Assim, o controle biológico por importação se apresenta como uma estratégia viável para o manejo de pragas exóticas, mas deve ser aplicada com cautela, equilibrando benefícios e riscos (EMBRAPA, 2020).

Outra abordagem é o Controle Biológico Conservativo (CBC), que visa preservar e aumentar as populações de inimigos naturais, como predadores e parasitoides, em agroecossistemas (Ferraz *et al.*, 2024). Para atrair e manter esses organismos, é fundamental oferecer recursos alimentares, como néctar e pólen, além de criar refúgios que melhorem as condições ambientais. Essa estratégia baseia-se em princípios da ecologia e biologia da conservação, reconhecendo a complexidade das interações entre organismos em ecossistemas (Aguiar-Menezes *et al.*, 2021).

O manejo eficaz do ambiente requer conhecimento sobre as necessidades nutricionais dos inimigos naturais e suas interações no ecossistema. Práticas de diversificação, como o plantio de espécies que fornecem néctar, têm mostrado resultados positivos, como o aumento da abundância de inimigos naturais e a redução da necessidade de inseticidas (Aguiar-Menezes *et al.*, 2021).

As estratégias de diversificação devem considerar a seleção de plantas que favoreçam a coexistência de inimigos naturais, visando maior estabilidade nas comunidades. A aplicação do CBC é crucial para a agricultura sustentável, promovendo a diversidade e resultando em maior resiliência. No entanto, ainda existem limitações sobre como a diversificação pode ser aplicada em diferentes contextos socioeconômicos e ambientais (Aguiar-Menezes *et al.*, 2021).

Outro método de controle é o Controle Biológico Aumentativo, o qual consiste em aumentar artificialmente as populações de inimigos naturais quando estes não conseguem controlar pragas de forma eficaz. Essa abordagem pode ser realizada por meio de duas táticas principais: inoculativa e inundativa (Miranda *et al.*, 2023).

A estratégia inoculativa envolve a liberação de inimigos naturais em momentos específicos para estabelecer uma população sustentável, enquanto a inundativa consiste na liberação em grande quantidade para um controle imediato, sem a intenção de estabelecer uma população duradoura (Parra *et al.*, 2024).

Segundo os autores acima descritos, o uso de controle biológico aumentativo tem raízes na China antiga e, atualmente, mais de 440 espécies estão disponíveis comercialmente em diversas partes do mundo. O Brasil se destaca na produção de agentes de controle biológico em propriedades rurais, buscando reduzir custos e melhorar a acessibilidade, enfatizando a importância de garantir a qualidade dos produtos.

Essas abordagens, quando utilizadas de forma integrada, representam uma alternativa sustentável no manejo de pragas, diminuindo a dependência de pesticidas químicos e ressaltando a importância da escolha adequada e da produção eficaz dos agentes de controle biológico.

2.2 USO DE MICRORGANISMOS INDUTORES DE RESISTÊNCIA E MICROPARASITAS NO CONTROLE BIOLÓGICO DE DOENÇAS E PRAGAS

O controle biológico de pragas e doenças na fruticultura e na agricultura brasileira tem se mostrado uma alternativa sustentável e eficiente em face dos desafios impostos pelo uso intensivo de pesticidas químicos. Nesse contexto, os microrganismos indutores de resistência e os microparasitas emergem como estratégias promissoras, contribuindo para a redução de danos causados por patógenos e pragas, ao mesmo tempo em que preservam a saúde do ecossistema e promovem a biodiversidade (Barros, 2019).

Segundo Sandmann *et al.* (2023), os microrganismos indutores de resistência, como determinadas cepas de bactérias e fungos, atuam estimulando as defesas naturais das plantas. Esses agentes, ao serem aplicados no solo ou nas folhas, desencadeiam reações fisiológicas nas plantas que aumentam sua resistência a estresses bióticos e abióticos.

Rezende *et al.* (2021) mostram que o uso de bactérias do gênero *Pseudomonas* e *Bacillus* podem induzir a produção de compostos como fitoalexinas e proteínas de defesa, que são cruciais para o fortalecimento das barreiras celulares e a inibição do desenvolvimento de patógenos, como fungos e bactérias fitopatogênicas. Além disso, o uso de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) tem mostrado eficácia em melhorar a absorção de nutrientes e água, o que, indiretamente, fortalece a planta e a torna menos suscetível a doenças.

Por outro lado, os microparasitas, que incluem uma variedade de organismos como nematoides, vírus e parasitas específicos de insetos, têm se mostrado eficazes no controle de pragas. A utilização de inimigos naturais, como o parasitóide *Trichogramma*, que ataca ovos de lepidópteros, e nematoides entomopatogênicos, que infectam larvas de insetos, são exemplos claros de como esses agentes podem ser implementados em programas de manejo integrado de pragas (MIP) (Bueno,

2024). No Brasil, o uso de *Bacillus*, um bacteriófago que atua como inseticida biológico, tem sido amplamente adotado em cultivos de milho e soja, demonstrando alta eficácia no controle de lagartas (Sun *et al.*, 2023).

Sun *et al.* (2023) publicaram um artigo sobre o uso de *Bacillus velezensis* BVE7 no controle da podridão radicular da soja (*Fusarium oxysporum*), os autores destacam a eficácia do biocontrole microbiano e a necessidade de alternativas aos fungicidas químicos. O artigo apresenta métodos eficazes para isolar a cepa BVE7 e demonstra sua capacidade de inibir o crescimento do patógeno, além de mostrar benefícios à saúde das plantas, como a redução do estresse oxidativo nas raízes.

Em contrapartida, os autores acima citados apontam lacunas, as quais merecem destaque, como a falta de informações sobre a repetibilidade dos testes e a validade estatística dos resultados, o que limita a robustez das conclusões. A discussão sobre a adaptação do *B. velezensis* a diferentes condições ambientais e a análise dos mecanismos de ação do microrganismo são aspectos que poderiam enriquecer os resultados. Além disso, a necessidade de mais testes em diferentes regiões e comparações com outras cepas de *Bacillus* é mencionada.

Destarte Sun *et al.* (2023) ressaltam a importância de realização de pesquisas que se concentrem em condições de campo, identificação dos mecanismos de ação e comparações com outros métodos de controle, para garantir a aplicabilidade prática e o desenvolvimento sustentável na agricultura.

Para Quevedo *et al.* (2022), a integração dessas abordagens biológicas em sistemas agrícolas tem mostrado resultados promissores, não apenas na diminuição das populações de pragas, mas também na melhoria da saúde do solo e do microambiente. O uso de microrganismos indutores de resistência e microparasitas pode reduzir a dependência de produtos químicos, minimizando impactos ambientais e promovendo a sustentabilidade. Além disso, a diversificação de estratégias de controle pode ser benéfica em um cenário de crescente resistência de pragas a inseticidas químicos, um fenômeno que tem sido amplamente documentado.

Entretanto, a adoção dessas tecnologias ainda enfrenta desafios, como a necessidade de mais pesquisas que validem a eficácia e a segurança dos microrganismos em diferentes condições ambientais e sistemas de cultivo. Além disso, a conscientização dos produtores e a capacitação técnica são fundamentais para a implementação bem-sucedida dessas práticas. A colaboração entre instituições

de pesquisa, universidades e agricultores é essencial para o desenvolvimento de soluções adaptadas às particularidades da fruticultura e da agricultura brasileira (Quevedo *et al.*, 2022).

Em suma, o uso de microrganismos indutores de resistência e microparasitas representa uma alternativa viável e sustentável no controle biológico de pragas e doenças na agricultura brasileira. A combinação dessas práticas com um manejo integrado e consciente pode não apenas garantir a produtividade das culturas, mas também promover a saúde do meio ambiente, contribuindo para uma agricultura mais sustentável e resiliente.

2.3 HISTÓRICO DO CONTROLE BIOLÓGICO NO BRASIL

Como já mencionado anteriormente, pode-se aferir que o controle biológico é uma prática que se fundamenta na utilização de organismos vivos para manejar pragas e doenças que afetam culturas agrícolas (Miranda *et al.*, 2023). No Brasil, essa abordagem tem se mostrado não apenas uma alternativa viável aos métodos químicos tradicionais, mas também uma necessidade premente diante dos desafios impostos pela agricultura moderna e suas consequências ambientais. O histórico do controle biológico no Brasil revela um percurso repleto de avanços, desafios e a crescente conscientização da importância da sustentabilidade (EMBRAPA, 2020).

Os primeiros estudos sobre controle biológico no Brasil datam da década de 1940, quando a entomologia agrícola começou a ganhar destaque. Nesse período, pesquisadores começaram a investigar a eficácia de inimigos naturais, como insetos predadores e parasitas, no controle de pragas agrícolas (Parra *et al.*, 2024). Um marco significativo foi a introdução da vespa *Trichogramma*, um parasitoide de ovos de lepidópteros, que demonstrou grande potencial no controle de várias pragas, contribuindo para a redução do uso de inseticidas químicos (Cônsoi *et al.*, 2010).

Como já foi mencionado anteriormente, no Brasil, o uso de agentes biológicos para o manejo de pragas e doenças começou a ser explorado no início do século XX, embora nas últimas décadas do século XX é que foi observado aumento no interesse pelas técnicas que minimizam impactos ambientais e promovem a saúde do solo.

Segundo Moraes (2005):

Um dos primeiros trabalhos nesse sentido refere-se ao controle da cochonilha branca da amoreira, *Pseudoaulacaspis pentagona*, com a im portação do himenópero parasito *Prospal tella berlesi*, da Itália, em 1916. Diversas outras tentativas se seguiram, mas um dos trabalhos mais relevantes até o momento se refere ao controle da lagarta da soja com o uso de um vírus desenvolvido pela Embrapa Soja nos anos 70. Esse é um dos exemplos mais importantes de controle biológico de pragas em todo o mundo, e foi responsável por uma considerável redução no volume de químicos usados sobre aquela cultura. Não menos importante é o projeto de controle biológico da broca da cana-de açúcar, com o uso de vespinhas importadas da Ásia, também nos anos 70 (Moraes, 2005, p. 150).

Um dos exemplos notáveis de controle biológico é o uso do fungo *Trichoderma* spp., que tem se mostrado eficaz no manejo de nematoides, especialmente em cultivos de fruticultura (Nascimento *et al.*, 2022). Segundo os autores, o *Trichoderma* é um fungo que atua como antagonista de patógenos, promovendo a saúde das plantas através de vários mecanismos, como a produção de enzimas que degradam os tecidos de nematoides, competindo por recursos no solo e estimulando as defesas naturais das plantas.

Na fruticultura, o uso de *Trichoderma* tem sido aplicado em culturas como banana, tomate e diversas frutas cítricas, onde os nematoides são uma preocupação significativa. O uso desse fungo não só ajuda a controlar as populações de nematoides, mas também melhora a qualidade do solo e a saúde das plantas, resultando em um aumento na produtividade e na qualidade dos frutos (Monte *et al.*, 2019).

A adoção de *Trichoderma* em práticas de manejo integrado de doenças reflete uma mudança na abordagem agrícola no Brasil, priorizando soluções biológicas e sustentáveis para os desafios fitossanitários. Com o avanço das pesquisas e a orientação técnica, o controle biológico, incluindo o uso de *Trichoderma*, tende a se consolidar como uma estratégia fundamental na agricultura brasileira (Nascimento *et al.*, 2022).

Com o passar dos anos, a importância do controle biológico foi se consolidando, especialmente nas décadas de 1980 e 1990, quando o Brasil começou a enfrentar os efeitos adversos do uso intensivo de pesticidas, como a resistência de pragas e a contaminação ambiental. Nesse contexto, diversos programas de pesquisa e extensão rural foram implementados, promovendo o desenvolvimento e a aplicação de técnicas de controle biológico em larga escala. Instituições como a Embrapa

(Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) tornaram-se protagonistas na promoção de estudos e na disseminação de práticas sustentáveis (EMBRAPA, 2020).

O controle biológico no Brasil tem uma trajetória rica e diversificada, marcada por vários programas que introduziram inimigos naturais para o manejo de pragas. A introdução de *Prospaltella berlesei* para controle da cochonilha-branca é um dos primeiros exemplos citados, com resultados positivos documentados (Oliveira, 2020). Apesar de muitos programas terem sido realizados de maneira empírica e seus resultados não terem sido amplamente publicados, a prática de controle biológico aumentativo, envolvendo parasitoides, predadores e patógenos, é reconhecida como eficaz, especialmente contra pragas exóticas e nativas (EMBRAPA, 2020).

Entre os casos de sucesso, destaca-se o controle de pulgões-do-trigo no Rio Grande do Sul, onde a introdução de parasitoides resultou em uma drástica redução do uso de inseticidas, economizando recursos financeiros significativos. Outro exemplo relevante foi a liberação de parasitoides para o controle da cochonilha da mandioca no Nordeste do Brasil, que impulsionou a importação de inimigos naturais (Salvadori; Salles, 2002).

O controle biológico clássico também se destacou na luta contra a mosca-minadora-dos-citros, onde a introdução do parasitoide *Ageniaspis citricola* resultou em altas taxas de parasitismo e controle efetivo da praga em diversos estados. O programa de controle da lagarta da soja com *Baculovirus anticarsia* também é notável, mostrando a viabilidade de microrganismos como agentes de controle (EMBRAPA, 2020).

Adicionalmente, fungos entomopatogênicos têm sido utilizados com sucesso em larga escala, especialmente em culturas de cana-de-açúcar. O uso de parasitoides, como *Cotesia flavipes* e *Trichogramma galloi*, para o controle da broca-da-cana e da cigarrinha-da-cana continua sendo uma prática comum (EMBRAPA, 2020).

Nos últimos anos, a conscientização sobre a importância da biodiversidade e a pressão por práticas agrícolas mais sustentáveis têm impulsionado a adoção do controle biológico. Iniciativas governamentais, campanhas de conscientização e a crescente demanda por produtos livres de agroquímicos têm contribuído para a valorização dessa prática. Ademais, as pesquisas atuais buscam não apenas aprimorar as técnicas de controle biológico, mas também entender melhor a dinâmica

dos ecossistemas agrícolas e a interação entre diferentes espécies (Aguiar-Menezes *et al.*, 2021).

A crescente conscientização sobre os impactos dos agrotóxicos e a demanda por práticas agrícolas sustentáveis têm impulsionado o controle biológico no Brasil, tornando-o uma estratégia promissora para o manejo de pragas. O envolvimento de pesquisadores e agricultores em práticas menos agressivas ao meio ambiente reflete um movimento em direção a uma agricultura mais sustentável e saudável (Silva *et al.*, 2024).

Em contrapartida, Bizawu e Lúcio (2023) afirmam que apesar dos avanços, o controle biológico no Brasil ainda enfrenta desafios significativos. A falta de conhecimento e de aceitação por parte de alguns agricultores, a burocracia em processos de liberação de organismos biológicos para uso agrícola e a necessidade de formação técnica especializada são obstáculos que precisam ser superados. Além disso, a integração do controle biológico com outras práticas de manejo sustentável, como a agricultura orgânica e a rotação de culturas, requer uma mudança de paradigma no modo como a agricultura é conduzida (Bizawu; Lúcio, 2023).

Lima *et al.* (2024) enfatizam que o histórico do controle biológico no Brasil é uma trajetória que reflete a evolução do conhecimento científico e a necessidade de práticas agrícolas sustentáveis. Embora enfrente desafios, a adoção dessa abordagem se mostra fundamental para garantir a produtividade agrícola e a preservação do meio ambiente. O futuro da agricultura brasileira depende da capacidade de integrar o controle biológico como uma estratégia central na gestão de pragas, promovendo assim um modelo de desenvolvimento mais equilibrado e sustentável.

2.4 COMO BIODEFENSIVOS NO BRASIL

O Brasil tem enfrentado desafios significativos em sua agricultura, incluindo a necessidade de aumentar a produtividade e, ao mesmo tempo, minimizar os impactos ambientais causados por defensivos químicos (Bizawu e Lúcio, 2023). Nesse contexto, os produtos registrados como biodefensivos emergem como uma alternativa viável e sustentável. Este texto argumenta que a adoção de biodefensivos no Brasil

não apenas contribui para a saúde do meio ambiente, mas também promove a segurança alimentar e a competitividade do setor agrícola (Menten *et al.*, 2017).

Em primeiro lugar, os bio defensivos, que são produtos de origem biológica utilizados para o controle de pragas e doenças, apresentam uma série de vantagens em relação aos defensivos químicos tradicionais. Eles são menos tóxicos para seres humanos, animais e organismos não-alvo, reduzindo assim os riscos à saúde pública e à biodiversidade. Além disso, muitos bio defensivos têm a capacidade de melhorar a resistência das plantas a pragas e doenças, promovendo uma agricultura mais resiliente e sustentável (Neves *et al.*, 2024).

Outro ponto relevante defendido por Sausen *et al.* (2021), é que a adoção de bio defensivos pode contribuir para a segurança alimentar. Com o crescimento da população mundial e a pressão por alimentos mais saudáveis, é essencial que os agricultores busquem métodos de cultivo que garantam a produção de alimentos sem comprometer a saúde do consumidor. Os bio defensivos, por serem menos agressivos ao meio ambiente, podem ajudar a garantir que os alimentos sejam produzidos de maneira segura e sustentável, atendendo à demanda por produtos orgânicos e livres de resíduos químicos (Trevisa, 2023).

Além disso, segundo Valette (2024), a regulamentação e o registro de bio defensivos no Brasil têm avançado, criando um ambiente favorável para a inovação e o desenvolvimento de novas tecnologias. O apoio a pesquisas e a criação de políticas públicas que incentivem o uso de bio defensivos são fundamentais para que os agricultores possam ter acesso a essas alternativas. Isso não apenas diversifica as opções de manejo, mas também fortalece a competitividade do setor agrícola brasileiro no mercado global, onde a demanda por práticas sustentáveis é cada vez maior.

Segundo a Agroanalysis, revista de gestão do agronegócio da Fundação Getúlio Vargas, é crucial que haja uma conscientização e educação contínua sobre os benefícios dos bio defensivos entre os agricultores e a sociedade em geral. A informação adequada sobre como e quando utilizar esses produtos é essencial para maximizar seu potencial e garantir uma transição eficaz para práticas agrícolas mais sustentáveis (Agroanalysis, 2016).

Portanto, os produtos registrados como bio defensivos no Brasil representam uma oportunidade valiosa para transformar a agricultura, promovendo a saúde

ambiental, a segurança alimentar e a competitividade do setor. Investir em biodefensivos é, portanto, um passo fundamental rumo a um futuro agrícola mais sustentável e responsável (Agroanalysis, 2016).

2.5 REGISTRO DE DEFENSIVOS E CONTROLES BIOLÓGICOS E OS PRINCIPAIS AGENTES BIOLÓGICOS UTILIZADOS NA FRUTICULTURA

A fruticultura é considerada como um ramo da agricultura dedicado ao cultivo de frutas, vem se destacando não apenas pela sua contribuição econômica, mas também pela necessidade de práticas sustentáveis que respeitem o meio ambiente. Nesse contexto, os agentes biológicos desempenham um papel crucial, promovendo o controle de pragas, a polinização e a melhoria da qualidade do solo. Este texto busca explorar os principais agentes biológicos utilizados na fruticultura e a importância desses organismos para a sustentabilidade do setor (Carlos Filho *et al.*, 2015).

Em primeiro lugar, é fundamental destacar os insetos polinizadores, como as abelhas e borboletas, que são essenciais para a reprodução de muitas plantas frutíferas. A polinização realizada por esses insetos aumenta a produtividade das culturas e a qualidade dos frutos. Estudos demonstram que a presença de polinizadores pode elevar em até 60% a produção de frutas como maçãs, morangos e melancias (Aguiar-Menezes *et al.*, 2021). No entanto, segundo os atores anteriormente citados, a crescente urbanização e o uso de pesticidas têm ameaçado as populações desses insetos, evidenciando a necessidade de práticas agrícolas que preservem e incentivem a biodiversidade.

Além da polinização, segundo Machado *et al.* (2020), os microrganismos do solo, como fungos e bactérias, são agentes biológicos fundamentais para a saúde das plantas. Esses organismos promovem a decomposição da matéria orgânica, facilitando a liberação de nutrientes essenciais para o crescimento das frutíferas.

Corroborando, Silva (2015) afirma que a utilização de inoculantes microbianos é uma prática que vem ganhando espaço na fruticultura, uma vez que esses produtos melhoram a fertilidade do solo e a resistência das plantas a doenças. Dessa forma, a adoção de biofertilizantes e a rotação de culturas se tornam estratégias eficazes para a manutenção do equilíbrio ecológico e a produtividade das lavouras.

Por outro lado, Sousa *et al.* (2023) afirmam que o controle biológico de pragas é uma alternativa sustentável ao uso de pesticidas químicos. A introdução de inimigos naturais das pragas, como insetos predadores e parasitas, tem se mostrado eficaz na redução das populações de organismos nocivos. Bueno *et al.* (2015) citam como exemplo, a liberação de joaninhas e crisopídeos no cultivo de frutas como tomate e pêssego tem contribuído para um controle eficiente de pulgões e cochonilhas, resultando em uma produção mais saudável e com menor impacto ambiental.

Para Souza *et al.* (2022) é preciso ressaltar que a implementação de práticas que envolvem agentes biológicos demanda um conhecimento aprofundado e a adoção de técnicas adequadas. Agricultores devem ser capacitados para reconhecer a importância desses organismos e como integrá-los em suas práticas agrícolas. Programas de educação e extensão rural são essenciais para disseminar informações e promover a adoção dessas práticas sustentáveis.

Os principais agentes biológicos utilizados na fruticultura, como polinizadores, microrganismos do solo e inimigos naturais de pragas, desempenham um papel vital na promoção da sustentabilidade e na melhoria da produtividade das culturas. A adoção de práticas que incentivem a biodiversidade e o uso consciente desses organismos é fundamental para garantir a saúde do meio ambiente e a qualidade dos produtos agrícolas. Portanto, é imprescindível que o setor frutal aposte em uma fruticultura mais sustentável, reconhecendo e valorizando a importância dos agentes biológicos (EMBRAPA, 2020).

O controle biológico de pragas na agricultura brasileira se configura como uma prática que tem ganhado destaque ao longo dos anos, em virtude da crescente demanda por métodos sustentáveis e menos agressivos ao meio ambiente (Silva, 2022). O processo de registro de defensivos e do controle biológico no Brasil começou a se estruturar na década de 1960, quando o país começou a perceber a importância da biologia no manejo de pragas e doenças agrícolas (Bortoloti, 2023).

O primeiro registro de agentes biológicos ocorreu em 1967, quando a então Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e o Ministério da Agricultura iniciaram esforços para introduzir o uso de organismos vivos como uma alternativa viável aos pesticidas químicos (Gonçalves, 1996).

Os pioneiros nesse processo de identificação e registro de insetos para controle biológico foram pesquisadores da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa

Agropecuária) e de universidades brasileiras, como a Universidade de São Paulo (USP) e a Universidade Federal de Viçosa (UFV) (Parra, 2024). Segundo Parra (2024), esses cientistas dedicaram-se ao estudo de inimigos naturais de pragas, como parasitas e predadores, que poderiam ser utilizados para o controle de populações de insetos prejudiciais às culturas. O trabalho inicial foi focado na coleta e catalogação de espécies, além da avaliação de sua eficácia em condições de campo.

Na atualidade, diversos agentes de controle biológico são empregados no Brasil, incluindo insetos predadores, parasitoides e microrganismos. Entre os principais agentes de controle biológico utilizados, destacam-se o fungo *Metarhizium anisopliae*, que é eficaz contra diversas pragas, como gafanhotos e formigas; a bactéria *Bacillus thuringiensis*, amplamente utilizada para o controle de lagartas; e o inseto parasitoide *Trichogramma* spp., que atua no controle de ovos de diversas espécies de lepidópteros. Além disso, o uso de ácaros predadores, como o *Phytoseiulus persimilis*, tem se mostrado eficiente no manejo de ácaros prejudiciais, como o ácaro-verde (Parra, 2024).

Dados estatísticos recentes indicam que, atualmente, cerca de 30% das áreas cultivadas no Brasil utilizam práticas de controle biológico. Em culturas como a soja, o controle biológico com a liberação de *Trichogramma* spp. tem se tornado bastante comum, com cerca de 20% das lavouras utilizando essa técnica. No caso da fruticultura, especialmente em pomares de maçã e citros, o uso de parasitoides e predadores é significativo, com índices que variam de 25% a 40% nas áreas cultivadas. Isso demonstra uma mudança de paradigma na agricultura brasileira, que busca integrar métodos biológicos ao manejo integrado de pragas (Parra, 2024).

Segundo os autores acima destacados, o crescimento do uso de agentes de controle biológico no Brasil reflete não apenas a necessidade de reduzir a dependência de produtos químicos, mas também a busca por práticas agrícolas mais sustentáveis e que respeitem a biodiversidade. Com o apoio de instituições de pesquisa e inovação, o controle biológico se consolida como uma estratégia eficaz e promissora para o futuro da agricultura no país.

2.6 DESAFIOS DA FRUITICULTURA E O CONTROLE BIOLÓGICO: ADEQUAÇÃO PARA EXPORTAÇÃO

A fruticultura brasileira é um setor de grande relevância econômica, social e ambiental, sendo responsável por uma significativa parcela da produção agrícola do país. Com uma diversidade climática e geográfica vasta, o Brasil se destaca na produção de frutas tropicais e subtropicais, como a banana, a laranja, o abacaxi e a manga, entre outras (Silva, 2019).

Entretanto, a natureza perene dessas culturas traz à tona a necessidade de cuidados diferenciados no manejo, especialmente no que se refere ao controle de pragas e doenças. Essa característica perene implica que as plantas permanecem no campo por vários anos, o que pode favorecer o acúmulo de pragas e a permanência de doenças no ambiente (ANZOLIN *et al.*, 2021).

Diante do cenário acima descrito cabe ressaltar que esse setor enfrenta uma série de desafios que comprometem sua competitividade, especialmente no que diz respeito ao controle de pragas e doenças (Boteon; Geraldini, 2023). Neste contexto, o controle biológico emerge como uma alternativa viável e sustentável, que não apenas atende às exigências do mercado internacional, mas também promove a preservação ambiental (Barbieri, 2024).

Segundo Barbieri (2024), um dos principais desafios da fruticultura é a pressão intensa de pragas e doenças que afetam as culturas. O uso de pesticidas químicos, embora eficaz em muitos casos, levanta preocupações relacionadas à saúde pública e ao meio ambiente. A aplicação indiscriminada desses produtos pode resultar em contaminação do solo e da água, além de provocar a resistência de pragas/doenças. Assim, os produtores se veem diante da necessidade de buscar alternativas que garantam a segurança alimentar e a viabilidade econômica.

Segundo Gonçalves (2022), um dos principais desafios enfrentados pelos fruticultores é a resistência das pragas e patógenos a agroquímicos, que muitas vezes são utilizados de forma intensiva. O uso contínuo de pesticidas pode levar ao surgimento de populações de pragas resistentes, tornando o controle químico cada vez menos eficaz e aumentando a dependência de produtos químicos. Além disso, o uso excessivo de agrotóxicos gera preocupações ambientais, como a contaminação de solos e corpos d'água, e também implica riscos à saúde dos trabalhadores rurais e consumidores (Gonçalves, 2022).

Nesse contexto, para Silva e Baldicera (2024), o controle biológico de pragas e doenças surge como uma alternativa sustentável e viável. Essa abordagem utiliza

organismos vivos, como insetos benéficos, microrganismos e fitopatógenos, para controlar as populações de pragas e patógenos. O controle biológico não apenas reduz a dependência de produtos químicos, mas também promove o equilíbrio ecológico, favorecendo a biodiversidade no agroecossistema. Por meio da introdução ou conservação de inimigos naturais, como predadores e parasitas, é possível manter as populações de pragas em níveis que não causem danos significativos à produção (Nava, 2019).

Além disso, segundo Oliveira *et al.* (2018), o controle biológico pode contribuir para a melhoria da qualidade dos produtos. Frutas cultivadas com menor uso de pesticidas tendem a apresentar características organolépticas superiores, o que pode aumentar sua aceitação no mercado global. A valorização de produtos orgânicos e a preferência por alimentos que respeitam o meio ambiente são tendências em ascensão, e o Brasil, com sua biodiversidade, pode se destacar nesse nicho de mercado.

Contudo, a implementação do controle biológico enfrenta desafios próprios, como a necessidade de capacitação dos produtores e a escassez de pesquisa e desenvolvimento na área. É fundamental que haja investimentos em programas de extensão rural e em parcerias entre universidades, instituições de pesquisa e o setor produtivo. Somente assim será possível disseminar conhecimentos e técnicas que permitam a adoção efetiva do controle biológico em larga escala (Oliveira *et al.* 2018).

Além de ser uma alternativa ambientalmente correta, o controle biológico apresenta viabilidade econômica. Embora a implementação de programas de controle biológico possa exigir investimentos iniciais, a longo prazo, essa abordagem pode resultar em economias significativas com insumos químicos e em um aumento da qualidade e da segurança dos produtos, fatores que são cada vez mais valorizados no mercado (Miranda *et al.*, 2023). A demanda por frutas livres de resíduos químicos está crescendo, e o controle biológico pode ser um diferencial competitivo para os fruticultores que buscam atender a essa demanda (Noblat *et al.*, 2021).

Socialmente, a adoção de práticas de controle biológico contribui para o fortalecimento das comunidades rurais. Ao promover uma agricultura mais sustentável, os agricultores podem melhorar suas condições de vida e trabalho, reduzindo a exposição a produtos químicos nocivos. Além disso, o controle biológico fomenta a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias locais, incentivando a

capacitação e a geração de emprego em áreas relacionadas à biotecnologia e à agricultura sustentável (Bortoloti; Sampaio, 2025).

Desse modo, pode-se aferir que os desafios do controle de pragas/doenças na fruticultura brasileira podem ser mitigados por meio da adoção do controle biológico. Essa estratégia não apenas favorece a sustentabilidade e a saúde pública, mas também posiciona o Brasil como um líder em práticas agrícolas responsáveis no mercado internacional. Para garantir a competitividade e o futuro da fruticultura no país, é imperativo que se invista em pesquisa, capacitação e conscientização sobre os benefícios do controle biológico, alinhando a produção às exigências globais por qualidade e sustentabilidade (Parra *et al.*, 2024).

Ademais, diante dos desafios impostos pela perenidade das culturas frutíferas, é imperativo que os produtores adotem o controle biológico como uma estratégia central em seus programas de manejo. Essa abordagem não apenas contribui para a saúde ambiental e a segurança alimentar, mas também representa uma alternativa economicamente viável e socialmente justa, promovendo um modelo de fruticultura que respeita o equilíbrio ecológico e valoriza os recursos naturais. O futuro da fruticultura no Brasil pode, assim, ser mais promissor e sustentável, alinhando produtividade à responsabilidade ambiental e social.

2.7 PERSPECTIVAS PARA O AVANÇO DO CONTROLE BIOLÓGICO NA FRUTICULTURA BRASILEIRA

Partindo do conhecimento de que a fruticultura brasileira, se constitui como um setor vital da agricultura nacional e que enfrenta desafios constantes relacionados ao controle de pragas e doenças que comprometem a qualidade e a produtividade das culturas (Parra *et al.*, 2024). É possível aferir que o controle biológico emerge como uma alternativa sustentável e promissora, capaz de reduzir a dependência de produtos químicos, promover a saúde do solo e garantir a segurança alimentar.

A fruticultura é um setor significativo na agricultura brasileira, contribuindo de forma expressiva para a produção de alimentos e para a economia do país. Em 2021, o Brasil destacou-se como um dos principais produtores de frutas do mundo, ocupando a terceira posição global em volume de produção, atrás apenas da China e da Índia (FAO, 2021). O país é responsável por uma diversidade de frutas tropicais,

como banana, laranja, mamão, abacaxi e manga, que são fundamentais tanto para o consumo interno quanto para a exportação (Fonseca, 2022).

A produção de frutas no Brasil representa uma parcela considerável do Produto Interno Bruto (PIB) agrícola. Em 2020, estima-se que a fruticultura tenha contribuído com aproximadamente 7% do valor da produção agrícola total, refletindo a importância desse setor na economia rural (IBGE, 2021). As frutas são um componente essencial da dieta brasileira, além de serem uma fonte importante de emprego e renda para milhões de trabalhadores no campo.

Em termos de volume, o Brasil produziu cerca de 42 milhões de toneladas de frutas em 2021, com a banana sendo a fruta mais cultivada, seguida pela laranja, que é amplamente utilizada na indústria de sucos. Quando comparado ao cenário mundial, o Brasil é um dos maiores exportadores de frutas, contribuindo significativamente para o comércio global, particularmente no mercado de sucos de laranja (Wendt, 2023).

A fruticultura no Brasil enfrenta desafios, como a necessidade de inovação tecnológica, práticas sustentáveis e adaptação às mudanças climáticas, mas continua a ser um pilar fundamental da agricultura nacional e uma área com potencial de crescimento, tanto em termos de produção quanto de exportação. O desenvolvimento desse setor é crucial para a segurança alimentar e para o fortalecimento da economia brasileira.

O controle biológico oferece uma série de vantagens em comparação aos métodos convencionais de controle de pragas. A utilização de inimigos naturais, como predadores e parasitas, para gerenciar populações de pragas é uma estratégia que não apenas reduz a aplicação de pesticidas, mas também contribui para a preservação da biodiversidade (Gramasco, 2022).

Essa abordagem é especialmente relevante no Brasil, um país com uma vasta riqueza em flora e fauna, que pode ser explorada para o desenvolvimento de programas de controle biológico adaptados às diversas regiões e culturas. Além disso, a adoção de práticas de controle biológico pode resultar em produtos mais saudáveis e com menor resíduo de agrotóxicos, atendendo à crescente demanda por alimentos orgânicos e sustentáveis (Oliveira *et al.* 2018).

Entretanto, apesar das vantagens, o avanço do controle biológico na fruticultura brasileira enfrenta desafios significativos. A falta de conhecimento e de capacitação

dos produtores sobre as técnicas e os benefícios do controle biológico ainda é uma barreira a ser superada (Nava, 2019).

Segundo Rufino *et al.* (2018), muitos agricultores, acostumados ao uso de agrotóxicos, podem demonstrar resistência à adoção de novas práticas, principalmente em um cenário onde a pressão por produtividade é alta. Para contornar essa situação, é fundamental investir em programas de educação e treinamento, que demonstrem a eficácia do controle biológico e como ele pode ser integrado às práticas agrícolas já existentes.

Ademais, é necessário que o governo e as instituições de pesquisa se unam para fomentar o desenvolvimento e a disseminação de tecnologias relacionadas ao controle biológico. A criação de políticas públicas que incentivem a pesquisa e a inovação nesse campo é crucial. Isso inclui a promoção de parcerias entre universidades, centros de pesquisa e empresas do setor, visando a obtenção de resultados mais rápidos e eficazes. Além disso, o fortalecimento da legislação que regulamenta a utilização de organismos biológicos é essencial para garantir a segurança e a eficácia das práticas adotadas pelos produtores (Cota, 2023).

Portanto, as perspectivas para o avanço do controle biológico na fruticultura brasileira são promissoras, mas dependem de uma série de ações integradas e de um comprometimento coletivo. A combinação de conhecimento técnico, capacitação dos agricultores e políticas públicas eficientes poderá transformar o cenário atual, promovendo uma agricultura mais sustentável e alinhada com as exigências do mercado global (Costa, 2023). O controle biológico não deve ser visto apenas como uma alternativa, mas sim como uma estratégia essencial para o futuro da fruticultura no Brasil, contribuindo para a segurança alimentar, a proteção ambiental e o desenvolvimento econômico do país (Parra et al., 2024).

3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após a leitura e análise dos trabalhos utilizados para o embasamento teórico deste trabalho, foi possível compreender que o controle biológico de pragas e doenças na produção agrícola brasileira se destaca como uma alternativa viável e sustentável diante dos desafios impostos pelo uso intensivo de pesticidas químicos.

O controle biológico, tem sido descrito como uma prática que baseia-se na interação entre organismos vivos para o manejo de pragas, apresentando diversas abordagens que podem ser integradas para promover uma agricultura mais sustentável. Neste contexto, é essencial discutir criticamente as diferentes facetas do controle biológico, considerando suas abordagens, desafios e perspectivas futuras, especialmente na fruticultura brasileira.

Também foi possível observar que o controle biológico pode ser dividido em três abordagens principais, que são a importação, a conservação e o aumento de inimigos naturais. A importação de inimigos naturais, também conhecida como controle biológico clássico, envolve a introdução de espécies exóticas que atuam como predadores ou parasitas de pragas.

Embora essa prática tenha demonstrado resultados positivos em diversos países, os riscos ecológicos associados à introdução de espécies exóticas são preocupantes, pois podem ameaçar a biodiversidade local. A introdução de organismos como o *Trichogramma*, que controla lepidópteros, é um exemplo de sucesso, mas é crucial realizar uma avaliação cuidadosa dos agentes introduzidos para evitar consequências indesejadas.

Em contrapartida, a abordagem de controle biológico conservativo, por sua vez, visa aumentar as populações de inimigos naturais já presentes no ecossistema, promovendo uma agricultura que respeita os processos naturais. Essa abordagem é particularmente relevante em um cenário de crescente demanda por práticas agrícolas sustentáveis, pois não apenas controla pragas, mas também promove a biodiversidade. No entanto, sua implementação enfrenta desafios relacionados à compreensão das necessidades ecológicas dos inimigos naturais e à diversificação das culturas para criar ambientes favoráveis.

Por outro lado, o controle biológico aumentativo envolve a liberação intencional de inimigos naturais em momentos críticos para controlar populações de pragas. As

táticas inoculativa e inundativa oferecem flexibilidade na aplicação, mas requerem planejamento cuidadoso para garantir a eficácia das liberações e a sustentabilidade das populações estabelecidas. A combinação dessas abordagens pode resultar em um sistema robusto de manejo integrado de pragas (MIP), que reduz a dependência de pesticidas químicos.

Outro fator importante ressaltado neste estudo envolve a utilização de microrganismos indutores de resistência e microparasitas, o qual representa uma vertente inovadora no controle biológico, contribuindo para a redução de danos causados por pragas e doenças.

Microrganismos como as bactérias dos gêneros *Pseudomonas* e *Bacillus* têm se mostrado eficazes em estimular as defesas naturais das plantas, promovendo uma resposta imune que aumenta a resistência a estresses bióticos e abióticos. Essa abordagem não apenas melhora a saúde das plantas, mas também reduz a necessidade de produtos químicos, o que é especialmente importante em um cenário onde a resistência de pragas a inseticidas cresce. Os microparasitas, como nematoides e parasitoides, também têm mostrado eficácia em diversos contextos agrícolas, destacando-se pelo controle específico e sustentável de pragas.

Contudo, apesar dos avanços e das evidências que demonstram a eficácia do controle biológico, ainda existem desafios significativos que precisam ser superados. A falta de conhecimento e aceitação por parte dos agricultores é um dos principais obstáculos à adoção dessas práticas. Muitos produtores, habituados ao uso intensivo de pesticidas, podem relutar em mudar suas práticas, especialmente em um cenário onde a pressão por produtividade é alta. A resistência à mudança é um fenômeno complexo que requer investimentos significativos em educação e capacitação para demonstrar os benefícios econômicos e ambientais do controle biológico.

Para finalizar, a burocracia nos processos de liberação de organismos biológicos e a necessidade de formação técnica especializada são barreiras que dificultam a implementação do controle biológico em larga escala. Portanto, é fundamental que haja um esforço conjunto entre pesquisadores, formuladores de políticas e agricultores para criar um ambiente favorável à adoção do controle biológico, promovendo uma agricultura mais sustentável e resiliente. Dessa forma, o controle biológico pode se consolidar como uma estratégia eficaz para enfrentar os desafios da produção agrícola brasileira no século XXI.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, este trabalho evidenciou que o controle biológico de pragas e doenças na produção agrícola brasileira representa uma alternativa não apenas viável, mas também necessária diante das limitações e desafios associados ao uso intensivo de pesticidas químicos. A análise das diferentes abordagens — importação, conservação e aumento de inimigos naturais — revela um potencial significativo para a promoção de uma agricultura mais sustentável, especialmente no contexto da fruticultura.

Os resultados indicam que, embora a importação de inimigos naturais possa oferecer soluções imediatas para o controle de pragas, é imprescindível considerar os riscos ecológicos envolvidos, exigindo avaliações criteriosas para evitar impactos negativos na biodiversidade local. Por outro lado, a abordagem conservativa, que busca fortalecer os inimigos naturais já existentes, e o controle aumentativo, que utiliza liberações estratégicas, demonstram que há múltiplas estratégias que podem ser integradas em um sistema de manejo mais holístico e sustentável.

Ademais, a inclusão de microrganismos indutores de resistência e microparasitas abre novas fronteiras para o controle biológico, apresentando-se como alternativas promissoras para reduzir a dependência de produtos químicos e promover a saúde das plantas. Contudo, os desafios permanecem significativos, especialmente no que tange à resistência à mudança por parte dos agricultores e à burocracia nos processos regulatórios.

Portanto, é imprescindível que haja um esforço colaborativo entre pesquisadores, formuladores de políticas e produtores rurais para facilitar a adoção dessas práticas inovadoras. Investimentos em educação, capacitação e pesquisa são fundamentais para demonstrar os benefícios econômicos e ambientais do controle biológico, promovendo uma transição efetiva rumo a uma agricultura mais resiliente e sustentável. Somente assim, o controle biológico poderá se firmar como uma estratégia eficaz para enfrentar os desafios da produção agrícola brasileira no século XXI, contribuindo para a segurança alimentar e a preservação dos ecossistemas.

REFERÊNCIAS

ABRAFRUTAS. **Agro do Brasil é cada vez mais agressivo na tarefa de abrir mercados**. 7 de mar de 2024. Disponível em: <https://abrafrutas.org/2024/03/agro-do-brasil-e-cada-vez-mais-agressivo-na-tarefa-de-abrir-mercados/>. Acesso em 20 de mar de 2025.

AGROANALYSIS, Equipe. Incentivos aos produtos biológicos. **AgroANALYSIS**, v. 36, n. 9, p. 30-35, 2016.

AGUIAR-MENEZES, Elen de Lima; FERNANDES, Vinicius José; SOUZA, Thiago Sampaio de. Plantas como fonte de polens para uso no controle biológico conservativo. p. 79. In: **Controle alternativo de pragas e doenças: opção ou necessidade?** editores técnicos Madelaine Venzon [et al.]. EPAMIG – Belo Horizonte, 2021. 152 p.: il. color.

ANZOLIN, Tassiane Barbara Perico et al. Desenvolvimento de mosaico de imagens para automatização de processos na fruticultura de precisão. In: **Congresso Latino-Americano de Software Livre e Tecnologias Abertas (Latinoware)**. SBC, 2021. p. 163-166.

BARBIERI, Marcela Guastalli. **Explorando o potencial de exportação: um estudo sobre manga, melão e uva no Brasil à luz dos sistemas agroindustriais e meso-instituições**. 2024. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BARCELOS, Luiz Roberto. Queremos o Brasil como um grande pomar do mundo [entrevistado pela Equipe da Redação-Agroanalysis]. **AgroANALYSIS**, v. 41, n. 6, p. 7-9, 2021.

BARROS., Alessandra Macedo. Utilização de Fungos Endofíticos de Sucupira Branca no controle alternativo do Mal-do-Panamá na cultura da Banana e potencial biotecnológico. 2022. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia., Universidade Federal do Tocantins - Uft., Gurupi, 2019.

BIZAWU, Kiwonghi; LÚCIO, Adriana Silva. Práticas agroecológicas no brasil: desafios de uma gestão sustentável. **Revista Interdisciplinar de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 1, n. 2, 2023.

BORTOLOTI, Gillyene. Características da inserção dos bioinsumos para controle biológico no mercado fitossanitário brasileiro. 2023.

BORTOLOTI, Gillyene; SAMPAIO, Renata Martins. Desafios e estratégias no desenvolvimento dos bioinsumos para controle biológico no Brasil. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 20, n. 60, p. 291-307, 2024.

BOTEON, Margarete; GERALDINI, Fernanda. A força do setor hortifrutícola! **Revista Hortifruti Brasil**, v. 22, n. 235, p. 10-15, 2023.

BUENO, Adeney de Freitas et al. Uso de parasitoides de ovos no manejo de lagartas em soja e milho. Embrapa Soja, p. 15, 2024.

BUENO, Vanda Helena Paes et al. Controle biológico e manejo de pragas na agricultura sustentável. **Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras**. Retirado de: <https://www.erambiental.com.br/var/userfiles/arquivos69/documentos/12657/ControleBioManejoPragasNaAgrSustentavel.pdf>. v. 20, 2015.

CARLOS FILHO, Francisco de Assis et al. Gestão do Risco Operacional em Arranjo Produtivo Local: um estudo exploratório no setor de fruticultura. **Revista Catarinense da Ciência Contábil**, v. 14, n. 41, p. 46-60, 2015.

COSTA, Aryane Rosa da. **A transferência de tecnologia em controle biológico pelo PROBIO do Instituto Biológico**. 2023. Dissertação (Mestrado). Instituto Biológico (São Paulo). Programa de Pós-Graduação. Área de concentração: Segurança Alimentar e Sanidade no Agroecossistema. Linha de pesquisa: Manejo integrado de pragas e doenças em ambientes rurais e urbanos. São Paulo, 2022. 100 p. doi: 10.31368/PGSSAAA.2021D.AC003

DA SILVA, Isaias Duarte. A fruticultura e sua importância econômica, social e alimentar. **Anais Sintagro**, v. 11, n. 1, 2019.

EMBRAPA. **Controle biológico de pragas da agricultura**. FONTES, Eliana Maria Gouveia; VALADARES-INGLIS, Maria Cleria, editoras técnicas. Brasília, DF, 2020. 510 p.

FERRAZ, Camila Torres Valgueiro et al. Kit joaninha: estratégia no controle biológico conservativo de hortas comunitárias. **Revista Semiárido De Visu**, v. 12, n. 2, p. 570-588, 2024.

Fonseca, Letícia Assis Barony V. **Fruticultura Brasileira: Diversidade e sustentabilidade para alimentar o Brasil e o Mundo**. [Notícias Abrafrutas](https://abrafrutas.org/2022/05/fruticultura-brasileira-diversidade-e-sustentabilidade-para-alimentar-o-brasil-e-o-mundo/). 04 de maio de 2022. Disponível em: <https://abrafrutas.org/2022/05/fruticultura-brasileira-diversidade-e-sustentabilidade-para-alimentar-o-brasil-e-o-mundo/>. Acesso em 10 de abr de 2025.

GONÇALVES, José Jean. **O pioneirismo na implantação de videiras de base agroecológica no Trairi Potiguar**. 2022. Dissertação de Mestrado.

GONÇALVES, Lenício. Fatos históricos do controle biológico. **Floresta e Ambiente**. Ano 3, P. 96-101, 1996.

GRAMASCO, Christian Amadeu Parente. **Estudo comparativo entre métodos de controle de infestação de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae): convencional e biológico**. 2022. Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Agrônômica - CCA – UFSCar. Araras, SP.

HEIMPEL, George E.; MILLS, Nicholas J. **Biological control**. Cambridge University Press, 2017.

IBGE. **PAM 2020: valor da produção agrícola nacional cresce 30,4% e chega a R\$ 470,5 bilhões, recorde da série**. Estatísticas Econômicas. 22 de set de 2021. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/31672-pam-2020-valor-da-producao-agricola-nacional-cresce-30-4-e-chega-a-r-470-5-bilhoes-recorde-da-serie>. Acesso em: 12 de abril de 2025.

LIMA, Murilo Campos Rocha et al. Adoção de práticas sustentáveis e os efeitos na qualidade da produção de vinho em vinícolas. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 15, n. 8, p. e4130-e4130, 2024.

LUCCHI, Bruno Barcelos; SILVA, Maciel Aleomir da. Após dois trimestres em queda, PIB do agro reage no 3º tri, e recuo esperado para 2024 diminuiu para 2,49%. **Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA**. 2025. 23 p.

MACHADO, Taísa de Carvalho Souza et al. **Guia de orientações para implementação das boas práticas agrícolas para a agricultura familiar**. Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ). Rio de Janeiro, RJ. ISBN: 978-65-00-00765-7. 2020.

MENTEN, José Otávio Machado et al. Legislação ambiental e uso de defensivos agrícolas. **Citrus Research & Technology**, v. 32, n. 2, p. 109-120, 2017.

MIRANDA, Hellem Ranny Nascimento et al. Controle biológico: combate de pragas de forma sustentável na fase vegetativa do milho. **Facit Business and Technology Journal**, v. 2, n. 46, 2023.

MIRANDA, Hellem Ranny Nascimento; SOUSA, Emylle Stefane Borges; SANTANA, Gustavo de Godoi. Controle biológico: combate de pragas de forma sustentável na fase vegetativa do milho. **Facit Business and Technology Journal**, v. 2, n. 46, 2023.

MIRANDA, Regiane F. et al. Uso de isolados de Trichoderma no controle do fungo causador da antracnose do mamoeiro. **Campo Grande–MS: 71a Reunião Anual da SBPC**, 2019.

MONTE, Enrique; BETTIOL, Wagner; HERMOSA, Rosa. Trichoderma e seus mecanismos de ação para o controle de doenças de plantas. **Trichoderma: uso na agricultura**. Brasília: Embrapa, p. 181-199, 2019.

MORAES, Gilberto José; BERTI FILHO, Evoneo. Controle biológico de pragas no Brasil. **Revista USP**, n. 64, p. 144-155, 2005.

NASCIMENTO, V. C. et al. Trichoderma: eficiência no controle biológico e perspectivas para os estados do Centro-Oeste brasileiro e Tocantins. **Brazilian Journal of Biology**, v. 82, p. e260161, 2022.

NAVA, Dori Edson. Perspectivas do sistema de manejo integrado de mosca das frutas: um caminho para o desenvolvimento sustentável da fruticultura no Brasil. In: **Embrapa Clima Temperado-Artigo em anais de congresso (ALICE). CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOSSANIDADE**. 2019.

NEVES, Adão Cabral das et al. **Novo Modelo de Negócios para Desenvolvimento de Biodefensivos pela Embrapa: Projeto Piloto Plataforma de Serviços Customizados Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**. EMBRAPA: Brasília/DF. 2024.

NOBLAT, Ana Karoline de Miranda et al. Impacto dos agrotóxicos na alimentação: Uma revisão de literatura. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, p. e36110614504-e36110614504, 2021.

OLIVEIRA, Flávia Queiroz de et al. Importância da criação de predadores em laboratório para o avanço do conhecimento e da aplicação do controle biológico em sistema de produção agroecológico. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.

OLIVEIRA, Jason Brais Benites. **Ocorrência de parasitoides de Spodoptera frugiperda (JE Smith, 1797) (Lep.: Noctuidade) associados a cultura do milho em Campo Grande-MS**. 2020. Tese de Doutorado. Universidade Católica Dom Bosco.

PARRA, José Roberto Postali et al. **Controle biológico com parasitoides e predadores na agricultura brasileira**. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2024.

PARRA, José Roberto Postali et al. **Controle biológico com parasitoides e predadores na agricultura brasileira**. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2024.

QUEVEDO, Alexsandra Cezimbra et al. Caracterização de Trichoderma spp. e biocontrole sobre Fusarium oxysporum e Fusarium solani, agentes causais da

podridão-de-raízes de erva-mate. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. 2022.

REZENDE, Cássia Cristina et al. Microrganismos multifuncionais: utilização na agricultura. **Research, society and development**, v. 10, n. 2, p. e50810212725-e50810212725, 2021.

RUFINO, Conceição Paula Bandeira *et al.* Desafios na utilização do controle biológico de doenças de plantas na amazônia. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 5, n. 1, 2018.

SALVADORI, José Roberto; SALLES, Luiz A.B. de. Controle biológico dos pulgões do trigo. In: PARRA, J.R.P et al (Org.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p.427- 447.

SANDMANN, André et al. O uso de leveduras para indução de resistência em feijoeiros ao crestamento bacteriano comum. **Revista Contemporânea**, v. 3, n. 10, p. 18753-18768, 2023.

SAUSEN, Darlene et al. Tecnologias que auxiliam a produção sustentável de alimentos. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, v. 7, n. 1, p. 16-42, 2021.

SILVA, André Felipe Cândido da. Pragas, patógenos e plantas na história dos sistemas agroecológicos. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 17, n. 1, p. e20210023, 2022.

SILVA, André Felipe Gouveia et al. Potencial dos bioinsumos para a agricultura sustentável: uma análise a partir de suas características, conceitos e vantagens. **Revista Mirante (ISSN 1981-4089)**, v. 17, n. 2, p. 250-265, 2024.

SILVA, Esmeraldo Dias da *et al.* Controle biológico de patógenos pós-colheita em videira. **Scientific Electronic Archives**, v. 16, n. 8, 2023.

SILVA, Gean Carlos Franco; BALDICERA, Alana Karine. A importância da agricultura sustentável na preservação do meio ambiente. **Revista UNICREA-Revista Técnico Científica da Universidade Corporativa do Crea-SC**, v. 2, n. 2, p. 39-55, 2024.

SILVA, Kelly Justin. **Introgressão de híbridos transgênicos e convencional em milho crioulo: efeitos sobre fungos e bactérias endofíticas**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina.

SOUSA, João Vitor Pinheiro et al. Uso de fungos entomopatogênicos utilizados para controle biológico de insetos-pragas na agricultura. **Facit Business and Technology Journal**, v. 2, n. 46, 2023.

SOUZA, Fabiana P et al. Um marco institucional para os bioinsumos na agricultura brasileira baseado na economia ecológica. **Sustainability in Debate**, v. 13, n. 1, p. 266-285, 2022.

SUN, Lei et al. *Bacillus velezensis* BVE7 as a promising agent for biocontrol of soybean root rot caused by *Fusarium oxysporum*. **Front. Microbiol**, v. 14:1275986. doi: 10.3389/fmicb. 2023.

TREVISAN, Glauce Lunardelli. **Fatores condicionantes para a adoção de defensivos biológicos por produtores rurais -2023**, 130f - Dissertação (Mestrado em Administração) Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal SP, 2023.

VALENTE, Fernanda. Insumos biológicos no Brasil. **AgroANALYSIS**, v. 44, n. 03, p. 33-37, 2024.

WENDT, Menikey Walmarath. **A produção de frutíferas no Brasil**. PET Agronomia - Programa de Educação Tutorial. 01 de mar de 2023. Disponível em: <https://www.ufsm.br/pet/agronomia/2023/03/01/a-producao-de-frutiferas-no-brasil>.

Acesso em 12 de abril de 2025.

ZANUNCIO JUNIOR, José Salazar Zanuncio et al. Manejo agroecológico de pragas: alternativas para uma agricultura sustentável. **Revista Científica Intelletto**, v. 3, n. 3, 2018.