

# Controle alternativo e biológico de pragas e fitopatógenos: uma década de contribuição

*Alternative and biological control of pests and phytopathogens: a decade of contribution*

Antonio Felix da Costa<sup>1\*</sup>, Rosineide da Silva Lopes<sup>1</sup>, Athaline Gonçalves Diniz<sup>2</sup>,  
Thayza Karine Oliveira Ribeiro<sup>1</sup>, Ana Carla da Silva Santos<sup>2</sup>, Patrícia Vieira Tiago<sup>2</sup>,  
Luciana Gonçalves de Oliveira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), Av. General San Martin, 1371, Bongi, CEP 50761-000, Recife, PE, Brasil

<sup>2</sup>Departamento de Micologia, Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, PE, Brasil

\*autor correspondente

✉ felix.antonio@ipa.br

**RESUMO:** O controle biológico e alternativo de pragas e doenças por meio do uso de fungos entomopatogênicos, fungos antagonistas e extratos vegetais é uma alternativa para reduzir ou substituir os agrotóxicos que acarretam danos ao ambiente e à saúde do homem e dos animais. O Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA) tem realizado pesquisas nessa área, em parceria com a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), tendo atingido resultados bastante promissores, os quais vem sendo divulgados em artigos e notas científicas. Assim, o objetivo deste texto foi apresentar um resumo dos principais resultados obtidos nessa parceria ao longo dos últimos dez anos, referentes à área de controle alternativo e biológico de pragas e patógenos agrícolas. Os estudos desenvolvidos geraram 20 artigos, publicados em revistas nacionais e internacionais, no período de 2016 a 2022. Os estudos envolvendo o controle de insetos-praga por meio de fungos, extratos vegetais e a combinação de ambos os agentes de controle apresentaram maior destaque, sendo que a cochonilha do carmim *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Coccinellidae) foi o inseto mais estudado. Contudo, informações adicionais ainda são necessárias, pois as investigações sobre a patogenicidade dos isolados e a ação dos extratos em outras culturas e em insetos não-alvo são de extrema importância, além da identificação de metabólitos tóxicos a humanos e demais animais, produzidos tanto por fungos quanto por extratos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Extratos botânicos, fungos entomopatogênicos, fungos fitopatogênicos, insetos-praga.

**ABSTRACT:** *The biological and alternative control of pests and pathogens using entomopathogenic fungi, antagonist fungi, and plant extracts is an option to reduce or replace pesticides that damage the environment and human and animal health. The Agronomic Institute of Pernambuco (IPA) has carried out research in this area in partnership with the Federal University of Pernambuco (UFPE) and reached very promising results published in articles and scientific notes. Thus, this paper aimed to summarize the main results obtained by the IPA and UFPE partnership over the last ten years on the alternative and biological control of agricultural pests and pathogens. The studies developed generated 20 articles, published in both national and international journals from 2016 to 2022. Studies addressing the control of insect pests using fungi, plant extracts, and the combination of both control agents have been highlighted. The carmine mealybug, *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Coccinellidae), is the most studied insect in research involving pathogens of agricultural interest. However, further information should be provided considering the importance of investigating the pathogenicity of the isolates and the action of the extracts on other crops, as well as on non-target insects; in addition to identifying metabolites produced by both fungi and extracts that are toxic to humans and other animals.*

**KEYWORDS:** *Botanical extracts, entomopathogenic fungi, phytopathogenic fungi, insect pest.*

## Introdução

O controle biológico é caracterizado por relações ecológicas que envolvem a competição do homem com as pragas por

recursos naturais, tais como plantas cultivadas e produção agrícola, ou a presença do agente de controle biológico como aliado do homem e inimigo natural da praga (FONTES; PIRES; SUJII, 2020). Historicamente, o controle biológico vem sendo utilizado desde o século III a.C., quando formigas predadoras (*Oecophylla smaragdina*) eram utilizadas para amenizar populações de lepidópteros desfolhadores e coleobrocas dos citros (PARRA et al., 2002). No século III, nos pomares cítricos na China, também eram utilizados ninhos dessas formigas predadoras para o controle biológico de percevejos (*Tessaratoma papillosa*) (WAQUIL, 2002).

Já no Brasil, o controle biológico de pragas e doenças é recente, sendo que os estudos abordando a sua prática se iniciaram em 1950, com a publicação do trabalho “Inativação do vírus do mosaico comum do fumo pelo filtrado de culturas de *Trichoderma* sp”, desenvolvido por pesquisadores do Instituto Agrônomo de Campinas (MORANDI; BETTIOL, 2009). A aplicação de agentes biológicos no Brasil tem aumentado consideravelmente nos últimos 40 anos, uma vez que vários centros de pesquisa e universidades têm investido em programas de controle biológico (PARRA, 2019).

Desde então, o Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), fundado em 1935, tem realizado diversos estudos sobre as propriedades físicas, químicas e de fertilidade de solos da região. Na área da botânica, os estudos relativos à sistemática, fisiologia, anatomia e fitogeografia foram se intensificando ao longo dos anos, sendo o IPA a instituição detentora do maior e mais antigo herbário do Nordeste, e um dos maiores do Brasil, com mais de 100.000 exsicatas, especializado no bioma da Caatinga. No campo do melhoramento genético, são notórios os avanços nas culturas de feijão comum, feijão-caupi, sorgo, milho, cebola, tomate, palma forrageira, raízes e tubérculos, capim elefante e fruteiras nativas e exóticas. A área de fitossanidade conta com uma das mais expressivas contribuições por parte do IPA ao desenvolvimento da agropecuária pernambucana e brasileira em defesa do meio ambiente. Nas primeiras pesquisas, os pesquisadores do IPA identificaram os agentes causadores de pragas e doenças de plantas de interesse social e econômico e descobriram métodos biológicos e químicos de controle. Essas pesquisas datam do final da década de 1960 e foram desenvolvidas por Carvalho et al. (1967) abordando o controle biológico da cochonilha “cabeça de prego” em pomares de citrus, em Belém de São Francisco (sertão do estado de Pernambuco), bem como da década de 1970, com trabalhos de controle da cigarrinha da cana-de-açúcar, por meio do fungo *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin, e do moleque da bananeira, usando o fungo *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuill. (AQUINO, 1974; AQUINO et al., 1977; AQUINO; VITAL, 1979).

A década de 1970 foi marcada pela criação da tecnologia do controle biológico de *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae), a cochonilha de escama da palma forrageira, por meio do emprego de inimigos naturais, incluindo os insetos conhecidos como joaninhas. Além desses, foram obtidos outros biocontroladores, cujo uso se reflete na redução dos custos de produção das lavouras e no equilíbrio ambiental. A partir desse momento, houve interesse em expandir as parcerias com outros centros de pesquisa e instituições de ensino superior para a condução

de pesquisas envolvendo suas coleções de microrganismos, tais como o Departamento de Solos da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), a Universidade Federal do Piauí (UFPI), na área de fixação biológica de nitrogênio, o Laboratório de Tecnologia de Bioativos (LABTECBIO) da UFRPE, estudando a composição de novos meios de crescimento de *Bacillus* com a inclusão de produtos regionais buscando meios eficientes e custos menores em relação aos existentes no mercado e o Departamento de Micologia e o Departamento de Bioquímica da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), com estudos sobre fungos fitopatogênicos e entomopatogênicos e extratos vegetais. Com isso, os projetos de pesquisa desenvolvidos pelo IPA em parceria com outras instituições envolvem equipes multidisciplinares que contam com recursos humanos de alta complexidade, compostas por pesquisadores de formação e habilidades diversas, incluindo técnicos, alunos de graduação e pós-graduação. Essas parcerias, já consolidadas, potencializam a capacidade dessas instituições em relação a ações de pesquisa e desenvolvimento, especialmente na área agrícola, prospecção de recursos genéticos e geração de conhecimento e processos biotecnológicos.

Os programas de controle biológico de pragas despertam grande interesse em todo o mundo em função do novo direcionamento internacional do setor agrícola em relação à conscientização sobre o uso sustentável dos recursos biológicos, bem como devido aos bons resultados alcançados (SILVA et al., 2006). A adoção de produtos naturais no controle de patógenos de interesse agrônomo vem recebendo colaboração marcante de um movimento crescente envolvendo a agricultura orgânica e suas variantes (agricultura biodinâmica, natural, alternativa, sustentável e ambiental), tornando-se uma escolha promissora para reduzir o uso indiscriminado de produtos químicos, pois, embora mais procurados para prevenir, controlar e erradicar doenças e pragas, o uso constante de agrotóxicos pode alterar o equilíbrio dos ecossistemas, ampliando a incidência e severidade das doenças e selecionando variantes resistentes aos químicos aplicados, além da contaminação de espécies não-alvo (SCHWAN-ESTRADA; STANGARLIN; CRUZ, 2000; MORANDI et al., 2009; BRUM et al., 2014; NUNES et al., 2021).

Aproximadamente 230 produtos comerciais à base de microrganismos ou agentes biológicos de controle (parasitoides e predadores) se encontram registrados no Brasil. Em geral, o porte das empresas fabricantes de produtos biológicos é bem menor que o das empresas de agroquímicos, o que se reflete na capacidade de capilaridade e divulgação de seus produtos. O setor produtivo tem apontado para uma tendência de crescimento da utilização e comercialização desses produtos no Brasil (JORGE; SILVA; SOUZA, 2020). A projeção de expansão no mercado brasileiro é de 20% nos próximos anos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE CONTROLE BIOLÓGICO, 2019).

O controle de fitopatógenos e insetos-praga por meio de extratos vegetais também representa uma alternativa ao uso de agrotóxicos por envolver moléculas ativas de baixa toxicidade, com menores danos ao meio ambiente e à saúde humana (FONSECA et al., 2020). Os extratos de plantas também

são indicados para o controle de fitopatógenos, tanto por sua ação fungitóxica direta, inibindo a germinação, crescimento micelial e esporulação, quanto pela indução de mecanismos de defesa da planta (SCHWAN-ESTRADA; STANGARLIN, 2005). Em relação ao uso de extratos contra insetos-praga, as substâncias bioativas presentes nas plantas agem por contato ou ingestão, atuando nos quimiorreceptores e comprometendo o comportamento dos insetos, o que pode, então, levá-los à morte (CORRÊA; SALGADO, 2011).

O controle biológico por meio de fungos é uma alternativa ao uso de produtos químicos e pode ser empregado contra patógenos e pragas de diferentes culturas agrícolas. Esse tipo de controle pode ser acompanhado de práticas culturais para criar um ambiente favorável aos antagonistas e à resistência da planta hospedeira. O uso de microrganismos para o controle de outro microrganismo vem progredindo lentamente no Brasil devido à falta de produtos biológicos disponíveis no mercado e ao perfil conservador do agricultor brasileiro. Entre os produtos à base de fungos disponíveis no país, destacam-se aqueles produzidos a partir de espécies do gênero *Trichoderma*, tendo como principais patógenos-alvo as espécies de *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Macrophomina*, *Sclerotinia*, *Sclerotium*, *Botrytis* e *Crinipellis* para as culturas de feijão, soja, algodão, fumo, morango, tomate, cebola, alho, plantas ornamentais e cacau (MORANDI et al., 2009). Já para o controle de inseto-praga no mercado brasileiro, diversas formulações à base de *M. anisopliae* e *B. bassiana* têm sido utilizadas contra algumas espécies, como as cigarrinhas de pastagens e da cana-de-açúcar, broca-do-café, além de áreas de cultivo da seringueira (GALLO et al., 2002; PAULA JÚNIOR et al., 2009).

IPA em parceria com a UFPE vem desenvolvendo estudos que utilizam fungos para o controle de doenças e pragas agrícolas. Espécies de *Trichoderma* são a base para os estudos de controle de fitopatógenos, além de terem sido incluídas também em estudos de controle de pragas. Espécies de *Fusarium* e *Cordyceps* têm sido investigadas quanto ao seu potencial para uso no controle de pragas agrícolas e urbanas. Além dos fungos, o uso de extratos vegetais tem se destacado nos estudos de controle de doenças e pragas de interesse agrônomico.

Diante do exposto, este texto teve como objetivo apresentar um resumo dos estudos na área de controle alternativo e biológico desenvolvidos pelo IPA em parceria com a UFPE, no período de 2010 a 2022. Esses estudos foram realizados a partir de trabalhos de conclusão de curso, dissertações, teses de doutorado e outras pesquisas com financiamento de órgãos de fomento estadual e federal, dando ênfase às notas e aos artigos científicos gerados.

## Resultados e Discussão

A partir de estudos desenvolvidos por meio da parceria entre o IPA e UFPE na última década, foram publicados 20 artigos de relevância científica para a agricultura em periódicos indexados. As publicações ocorreram em revistas nacionais e internacionais e datam de 2016 a 2022. A maioria dos artigos é produto de dissertações e teses desenvolvidas por estudantes vinculados à UFPE. Os estudos destacam o uso do controle alternativo e

biológico contra pragas e fitopatógenos de diferentes culturas agrícolas.

Em relação ao controle de insetos-praga, dos 20 artigos publicados, cinco destacam o uso de fungos entomopatogênicos, um destacando a utilização de extratos vegetais e sete destacam a ação conjunta de fungos e extratos vegetais como opção para o controle de insetos. A maioria desses estudos teve como inseto-alvo a cochonilha do carmim *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Coccinellidae), porém, o controle da lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), da mosca negra dos citros *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Hemiptera: Aleyrodidae) e do cupim arborícola *Nasutitermes corniger* (Blattodea: Termitidae) também foi estudado, com resultados constam nos trabalhos publicados (Tabela 1 e 2).

Nas pesquisas sobre o controle biológico utilizando fungos entomopatogênicos, *Fusarium* e *Cordyceps* (= *Isaria*) foram os gêneros mais estudados. Diniz et al. (2020) testaram a ação das espécies *Fusarium sulawesiense*, *F. pernambucanum* e *F. caatingaense* sobre *N. corniger* em laboratório e comprovaram a eficiência das espécies de *Fusarium*. Ainda, relataram a não patogenicidade das espécies contra o *S. frugiperda*, evidenciando a especificidade de *Fusarium* em certos hospedeiros. No estudo de Carneiro-Leão et al. (2017), três isolados de *F. caatingaense* foram testados contra a *D. opuntiae* em experimentos realizados em campo, sendo que os fungos apresentaram uma mortalidade confirmada de 14-42,66% (Tabela 1).

Nos estudos em que o gênero *Cordyceps* foi utilizado como opção para o controle de insetos-praga, as espécies testadas foram *Cordyceps farinosa*, *C. javanica* e *C. fumosorosea*. Lopes et al. (2017) destacaram *C. farinosa* como a melhor opção para o controle do cupim *N. corniger*, relatando taxas de mortalidade de 95% para operários e 85% para os soldados. Lopes et al. (2019) avaliaram a compatibilidade das mesmas espécies de *Cordyceps* aos inseticidas thiamethoxam e acetamiprid, os quais se mostraram compatíveis, contudo, não foram patogênicos para ninfas e adultos de *D. opuntiae*. Além dos fungos entomopatogênicos, extratos vegetais também têm demonstrado ser boas opções para o controle de insetos-praga. Extratos de *Libidibia ferrea* var. *ferrea* e *Agave sisalana* foram testados quanto ao potencial de controle contra a cochonilha do carmim (*D. opuntiae*) (Lopes et al., 2018). Os autores relatam que o extrato de *L. ferrea* foi o mais eficaz contra a cochonilha, causando uma mortalidade de 81% das ninfas e 97% das fêmeas adultas. O extrato de *A. sisalana* controlou apenas fêmeas adultas da cochonilha, gerando uma taxa de mortalidade semelhante ao observado pelo extrato de *L. ferrea*.

Além dos fungos entomopatogênicos e dos extratos vegetais utilizados individualmente, outra opção de controle é a combinação desses agentes aplicados simultaneamente, os quais têm apresentado resultados promissores, principalmente contra a cochonilha do carmim. No estudo de Santos et al. (2016), os extratos aquosos e hidroetanólicos de *Ricinus communis* L. (mamona) e *Poincianella pyramidalis* Tul. L. P. Queiroz (catingueira) foram avaliados em laboratório quanto ao seu efeito inseticida contra *D. opuntiae*. Os valores de mortalidade corrigidos variaram de 61,23-100%. De acordo com os autores, o resultado mais promissor foi a combinação do isolado *F. caatingaense* URM6778 com o

**Tabela 1.** Publicações sobre o uso de fungos e de extratos vegetais para o controle de insetos-praga.

Espécie fúngica (ni)*	Inseto-alvo	Autoria e ano do trabalho	Revista em que foi publicado
<i>Fusarium sulawesiense</i> (4) <i>Fusarium pernambucanum</i> (6) <i>Fusarium caatingaense</i> (17)	<i>Nasutitermes corniger</i> (Blattodea) e <i>Spodoptera frugiperda</i> (Lepidoptera)	Diniz et al. (2020)	International Journal of Pest Management
<i>Isaria farinosa</i> (4) <i>Isaria javanica</i> (2)	<i>Dactylopius opuntiae</i> (Hemiptera)	Lopes et al. (2019)	Acta Zoológica Mexicana
<i>Isaria fumosorosea</i> (2) <i>Isaria farinosa</i> (4) <i>Isaria javanica</i> (2) <i>Isaria fumosorosea</i> (2)	<i>Nasutitermes corniger</i> (Blattodea)	Lopes et al. (2017)	Biocontrol Science and Technology
<i>Fusarium caatingaense</i> (3)	<i>Dactylopius opuntiae</i> (Hemiptera)	Carneiro-Leão et al. (2017)	Journal of Pest Science
<i>Fusarium spp</i>	Diferentes ordens	Santos et al. (2020)	Fungal Biology Reviews
<b>Extratos botânicos no controle de insetos-praga</b>			
Extrato botânico	Inseto-alvo	Autoria e ano do trabalho	Revista em que foi publicado
<i>Libidibia ferrea</i> var. <i>ferrea</i> e <i>Agave sisalana</i>	<i>Dactylopius opuntiae</i> (Hemiptera)	Lopes et al. (2018)	Journal of Agricultural Science

(ni)\* = Número de isolados.

**Tabela 2.** Publicações sobre o uso combinado de fungos e extratos vegetais para o controle de insetos-praga.

<b>Fungos combinados a extratos botânicos no controle de insetos-praga</b>				
Espécie fúngica (ni)*	Extrato botânico	Inseto-alvo	Autoria e ano do trabalho	Revista em que foi publicado
<i>Fusarium volatile</i> (1) <i>Fusarium proliferatum</i> (1)	<i>Ricinus communis</i>	<i>Aleurocanthus woglumi</i> (Hemiptera)	Barbosa et al. (2021)	Entomologia Experimentalis et Applicata
<i>Cordyceps farinosa</i> (1) <i>Cordyceps javanica</i> (1) <i>Cordyceps fumosorosea</i> (1)	<i>Libidibia ferrea</i> var. <i>ferrea</i>	<i>Nasutitermes corniger</i> (Blattodea)	Lopes et al. (2020)	Journal of Agricultural Science
<i>Beauveria bassiana</i> (9)	<i>Azadirachta indica</i> e <i>Cymbopogon winterianus</i>	<i>Dactylopius opuntiae</i> (Hemiptera)	Oliveira et al. (2020)	Journal of Agricultural Science
<i>Fusarium caatingaense</i> (5)	<i>Nicotiana tabacum</i> e <i>Paubrasilina echinata</i>	<i>Dactylopius opuntiae</i> (Hemiptera)	Diniz et al. (2020)	Biocontrol Science and Technology
<i>Fusarium caatingaense</i> (5)	<i>Chenopodium ambrosioides</i> e <i>Enterolobium contortisiliquum</i>	<i>Dactylopius opuntiae</i> (Hemiptera)	Velez et al. (2019)	International Journal of Tropical Insect Science
<i>Cordyceps farinosa</i> (1)	<i>Libidibia ferrea</i> var. <i>ferrea</i> e <i>Agave sisalana</i>	<i>Dactylopius opuntiae</i> (Hemiptera)	Lopes et al. (2018)	Pesquisa Agropecuária Pernambucana
<i>Fusarium caatingaense</i> (5)	<i>Poincianella pyramidalis</i> e <i>Ricinus communis</i>	<i>Dactylopius opuntiae</i> (Hemiptera)	Santos et al. (2016)	Journal of Pest Science

(ni)\* = Número de isolados.

extrato aquoso de *R. communis* 5%, que resultou em 100% de mortalidade dos insetos. Outro estudo demonstrou que as combinações do extrato aquoso de *Enterolobium contortisiliquum* Vell. Morong (tamboril) 5% com *F. caatingaense* URM 6777 e URM 6779 causaram taxas de mortalidade de 70,34 e 73,64,

respectivamente, sendo que houve resultado semelhante ao se utilizar o extrato isoladamente (VELEZ et al., 2019). Após experimentos em laboratório e casa de vegetação, Diniz et al. (2020) sugeriram que a melhor combinação para o controle da cochonilha do carmim foi *F. caatingaense* URM6779, combinado

ao extrato aquoso de *Nicotiana tabacum* 10%, que ocasionou uma mortalidade de 98,67% dos insetos.

Alguns resultados ainda não foram publicados, mas estudos no campo demonstraram que as combinações de *F. caatingaense* aos extratos aquoso de mamona a 5% e fumo a 10% foram eficientes no controle da cochonilha do carmim (A.G. Diniz, dados não publicados).

Ainda em relação ao controle da cochonilha do carmim, enquanto os estudos anteriores avaliaram o potencial de espécies de *Fusarium* combinadas a diferentes extratos vegetais, Lopes et al. (2018) optaram por utilizar *C. farinosa* combinado aos extratos aquoso e metanólico de vagem e folha de *L. ferrea* var. *ferrea* e hidroetílico de folha de *Agave sisalana* no controle de *D. opuntiae*. Os autores constataram que *C. farinosa* não foi patogênico para fêmeas adultas de *D. opuntiae*, enquanto os extratos apresentaram uma variação na mortalidade de 72,46-99,33%. Por outro lado, Oliveira et al. (2020) avaliaram a ação de nove linhagens de *B. bassiana* e extratos de nim (*Azadirachta indica* A. Juss) e de citronela (*Cymbopogon winterianus* Jowitt), contudo, nenhuma das linhagens foi patogênica para a cochonilha, enquanto os extratos se mostraram eficientes no controle desse inseto.

Outro estudo de controle combinado utilizou espécies de *C. farinosa*, *C. javanicae* *C. fumosorosea* em conjunto com extratos aquosos e metanólicos de folhas e vagens de *L. ferrea* var. *ferrea* contra o cupim arborícola *N. Corniger*. Observou-se que *L. ferrea* var. *ferrea* aplicada tanto isoladamente quanto em associação com *C. farinosa* foi eficiente no controle *in vitro* de *N. corniger* (LOPES et al., 2020).

Nos estudos em laboratório, *F. volatile* e *F. proliferatum* foram testados em combinação com o extrato aquoso de mamona (*Ricinus communis* L.) no controle da mosca negra dos citros, *A. woglum*, sendo que ambas as combinações foram eficientes no controle do inseto, com valores de mortalidade superiores a 90% (BARBOSA et al., 2021).

Também foram realizados alguns estudos sobre a descrição de duas novas espécies de *Fusarium* entomopatogênicas (SANTOS et al., 2019), produção massal de *Fusarium* spp. utilizando alguns substratos vegetais (LIMA et al., 2021), polimorfismo genético (TIAGO et al., 2016) e produção de micotoxinas e testes de fitopatogenicidade de espécies de

*Fusarium* entomopatogênicas contra algumas culturas agrícolas (MACIEL et al., 2021) (Tabela 3). As informações obtidas reforçam que os isolados de algumas espécies de *Fusarium* poderão ser seguramente aplicados em uma escala comercial, embora sejam necessários outros testes de segurança para que esse fungos possam ser utilizados como produtos biológicos.

Em relação ao controle de fungos fitopatogênicos, dos 20 artigos publicados, dois sugerem como opção o uso de fungos antagonistas, como espécies de *Trichoderma*, enquanto apenas um artigo sugere o uso de extratos vegetais para o controle de fitopatógenos fúngicos. Os estudos publicados tiveram como fitopatógenos-alvo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* J.B. Kendr. & W.C. Snyder e *F. oxysporum* f. sp. *tracheiphilum* (E.F. Sm.) W.C. Snyder & H.N. Hansen, todos conhecidos, principalmente, por causarem doenças nas culturas do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) (Tabela 4). Amaral et al. (2018) utilizaram sete espécies de *Trichoderma* contra *S. sclerotiorum* e relataram que a maioria das espécies foi capaz de reduzir o crescimento micelial de *S. sclerotiorum*, com valores entre 56,94-70,83%, destacando-se *T. atroviride* T10 e de *T. Asperelloides* T13. Ainda, Oliveira et al. (2021) avaliaram a ação de linhagens de *Trichoderma* contra *M. phaseolina* tanto em laboratório quanto em casa de vegetação. Com base nos resultados, todas as linhagens de *Trichoderma* apresentaram atividade biocontroladora sobre o patógeno, indicando que possuem potencial para o manejo da podridão cinzenta do caule.

O controle de fungos fitopatogênicos também pode ser feito mediante o uso de extratos vegetais com ação fungitóxica. Silva et al. (2022) analisaram a influência de extratos de *A. sisalana* e de mastruz (*C. ambrosioides*) sobre o crescimento micelial e a esporulação de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* e *F. oxysporum* f. sp. *tracheiphilum*. Os extratos à base de agave, tanto aquoso quanto hidroalcólico, causaram redução no crescimento apenas em *F. oxysporum* f. sp. *tracheiphilum*, enquanto os extratos aquoso e hidroalcólico de mastruz interferiram significativamente no crescimento micelial e na esporulação dos fungos, podendo ser utilizados em estudos futuros contra a fusariose.

**Tabela 3.** Publicações sobre descrição de novas espécies, produção massal e avaliação de micotoxinas e fitopatogenicidade de *Fusarium* entomopatogênicos.

Fungos no controle de insetos-praga			
Espécie fúngica (ni)*	Tema	Autoria e ano do trabalho	Revista em que foi publicado
<i>Fusarium caatingaense</i> , <i>Fusarium pernambucanum</i> e <i>Fusarium sulawesiensis</i>	Micotoxinas (27) e teste de fitopatogenicidade (5)	Maciel et al. (2021)	Current Microbiology
<i>Fusarium caatingaense</i> (5)	Produção massal	Lima et al. (2021)	Biocontrol Science and Technology
<i>Fusarium caatingaense</i> (21) e <i>Fusarium pernambucanum</i> (8)	Descrição das espécies novas	Santos et al. (2019)	Mycologia
<i>Fusarium</i> spp (28)	Polimorfismo genético	Tiago et al. (2016)	Biocontrol Science and Technology

(ni)\* = Número de isolados.

**Tabela 4.** Publicações sobre o uso de fungos antagonistas e extratos vegetais para o controle de fungos fitopatogênicos.

Ação de fungos antagonistas sobre fitopatogênicos fúngicos			
Fungo antagonista (ni)*	Fitopatógeno fúngico (ni)*	Autoria e ano de publicação	Revista em que foi publicado
<i>Trichoderma sp.</i> (5)	<i>Macrophomina phaseolina</i> (1)	Oliveira et al. (2021)	Pesquisa Agropecuária Pernambucana
<i>Trichoderma asperellum</i> (2)			
<i>Trichoderma longibrachiatum</i> (1)			
<i>Trichoderma asperellum</i> (2)	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (2)	Amaral et al. (2018)	Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica
<i>Trichoderma afroharzianum</i> (2)			
<i>Trichoderma atroviride</i> (6)			
<i>Trichoderma brevicompactum</i> (2)			
<i>Trichoderma breve</i> (1)			
<i>Trichoderma asperelloides</i> (2)			
Ação de extratos botânicos sobre fitopatogênicos fúngicos			
Extrato botânico	Fitopatógeno fúngico (ni)*	Autoria e ano do trabalho	Revista em que foi publicado
<i>Chenopodium ambrosioides</i> L	<i>Fusarium oxysporum</i> f sp <i>phaseoli</i> (2) <i>Fusarium oxysporum</i> f sp (1)	Silva et al. (2022)	Pesquisa Agropecuária Pernambucana
<i>Agave sisalana</i> Perrine ex Engelm			

(ni)\* = Número de isolados.

## Conclusão

Os estudos dos últimos dez anos relacionados ao controle biológico e alternativo de pragas e patógenos de interesse agrícola demonstram resultados bastante promissores e a necessidade de investimentos em estudos continuados. A maioria dos estudos desenvolvidos e publicados foi realizada em laboratório, alguns em casa de vegetação e apenas um em campo. O uso de *Fusarium* como agente biocontrolador de insetos é bastante promissor, assim como a sua ação combinada a extratos vegetais. Contudo, informações adicionais são necessárias, pois as investigações sobre a patogenicidade dos isolados e a ação dos extratos em outras culturas e em insetos não-alvo são de extrema importância, além da identificação de metabólitos tóxicos a humanos e demais animais produzidos tanto por fungos quanto por extratos. Além disso, são necessários estudos para uma formulação com a longevidade e a eficácia desejadas possa ser desenvolvida.

O uso de *Trichoderma* contra fungos fitopatogênicos também se destacou quanto à sua ação *in vitro* e em casa de vegetação. Atualmente, estão sendo elaborados projetos futuros para a avaliação continuada desses fungos contra fitopatogênicos em campo.

Em parceria com a Universidade Federal de Pernambuco e outras instituições parceiras, O IPA reúne equipes multidisciplinares, compostas por pesquisadores e estudantes de graduação e pós-graduação de habilidades diversas, que potencializam o desenvolvimento de estudos na área de controle. Parte das pesquisas destacadas nesse levantamento de dez anos indica estudos paralelos continuados, que, posteriormente, serão divulgados por meio da publicação de artigos e informativos técnicos para agricultores. A divulgação dos resultados obtidos nos estudos realizados é de suma importância para contribuir com informações sobre o controle biológico e alternativo de pragas e patógenos de interesse agrícola de amplitude nacional

e internacional, fortalecendo pesquisas acadêmicas na área do controle.

## Referências

- AMARAL, A. C. T. et al. Biocontrole de espécies de *Trichoderma* sobre *Meloidogyne enterolobii*. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, v. 15, n. 2, p. 159-166, 2018.
- AQUINO, M. L. N. O fungo entomógeno *Metarrhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin, no Estado de Pernambuco. **Boletim Técnico Instituto de Pesquisas Agrônômicas**, São Paulo, n. 72, p. 1-26, 1974.
- AQUINO, M. L. N. et al. **Cultura de *Metarrhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin em sacos de polopropileno**. Recife: CODECAP, 1977. 11 p. (Boletim Técnico da CODECAP).
- AQUINO, M. L. N.; VITAL, A. F. Caracteres culturais de alguns isolados de *Metarrhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v. 3, n. 1, p. 21-38, 1979.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE CONTROLE BIOLÓGICO. Controle biológico no Brasil tem potencial de crescer 20% ao ano. **Revista Attalea- Agronegócios**, 2019. Disponível em: <https://revistadeagronegocios.com.br/controle-biologico-no-brasil-tem-potencial-de-crescer-20-ao-ano>. Acesso em: 10 fev. 2022.
- BARBOSA, L. F. S. et al. Entomopathogenicity of fungi in combination with *Ricinus communis* extract for the control of *Aleurocanthus woglumi*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 169, n. 9, p. 838-847, 2021.
- BRUM, R. B. C. S. et al. Atividade antifúngica de óleos essenciais sobre fungos fitopatogênicos. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 26, n. 3, p. 361-371, 2014.
- CARNEIRO-LEÃO, M. P. et al. *Dactylopius opuntiae*: control by the *Fusarium incarnatum-equiseti* species complex and confirmation of mortality by DNA fingerprinting. **Journal of Pest Science**, Berlin, v. 90, n. 3, p. 925-933, 2017.

- CARVALHO, M. B. et al. **Considerações sobre o combate biológico da cochonilha “cabeça de prego”**. Recife: IPA, 1967. 22 p. (Boletim Técnico, 30).
- CORRÊA, J. C. R.; SALGADO, H. D. N. Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 13, n. 4, p. 500-506, 2011.
- DINIZ, A. G. et al. Bio-insecticide effect of isolates of *Fusarium caatingaense* (Sordariomycetes: Hypocreales) combined to botanical extracts against *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae). **Biocontrol Science and Technology**, Abingdon, v. 30, n. 4, p. 384-395, 2020.
- FONSECA A. S. et al. Extratos vegetais do gênero capsicum com potencial atividade antifúngica contra *Rhizoctonia solani* e *Sclerotium rolfsii*. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 1, p. 88-98, 2020.
- FONTES, E. M. G.; PIRES, C. S. S.; SUJII, E. R. Estratégias de uso e histórico. In: FONTES, E. M. G.; VALADARES-INGLIS, M. C. (Org.). **Controle biológico de pragas da agricultura**. Brasília: Embrapa, 2020. Cap. 1. p. 21-44.
- GALLO, D. et al. **Entomologia Agrícola**. 1<sup>nd</sup> ed. São Paulo: FEALQ, 2002. 920 p.
- JORGE, D. M.; SILVA, F. A.; SOUZA, I. M. M. Regulamentação da pesquisa e do registro de produtos de controle biológico. In: FONTES, E. M. G.; VALADARES-INGLIS, M. C. (Org.). **Controle biológico de pragas da agricultura**. Brasília: Embrapa, 2020. p. 453-479.
- LIMA, I. J. et al. Production of conidia by entomopathogenic isolates of *Fusarium caatingaense* on different vegetable substrates. **Biocontrol Science and Technology**, Oxford, v. 31, n. 2, p. 206-218, 2021.
- LOPES, R. S. et al. The potential of *Isaria* spp. as a bioinsecticide for the biological control of *Nasutitermes corniger*. **Biocontrol Science and Technology**, Oxford, v. 27, n. 9, p. 1038-1048, 2017.
- LOPES, R. S. et al. Efficacy of *Libidibia ferrea* var. *Ferrea* and *Agave sisalana* extracts against *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Coccoidea). **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 10, n. 1, p. 255-267, 2018.
- LOPES, R. S. et al. Termiticidal activity of *Libidibia férrea* var. *férrea* and of the association with *Isaria* spp. against *Nasutitermes corniger*. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 12, n. 1, p. 159-170, 2020.
- LOPES, R. S., OLIVEIRA, L. G., LIMA, CORREIA, M. T. S., Costa, A. F., LUNA-ALVES LIMA E. A., LIMA, V. L. M. Pathogenic activity of *Isaria* spp. for control of *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) and the effects of selected insecticides. **Acta Zoológica Mexicana**, Vera Cruz, v. 35, (nueva serie), p. 1-5, 2019.
- MACIEL, M. H. C. et al. Evaluation of mycotoxin production and phytopathogenicity of the entomopathogenic fungi *Fusarium caatingaense* and *F. pernambucanum* from Brazil. **Current Microbiology**, New York, v. 78, p. 1218-1226, 2021.
- MORANDI, M. A. B. et al. Controle biológico de fungos fitopatogênicos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 30, n. 251, p. 73-82, 2009.
- MORANDI, M. A. B.; BETTIOL, W. **Controle biológico de doenças de plantas no Brasil**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009.
- NUNES, C. R. et al. Composição química e atividade antifúngica do óleo essencial de *Thymus vulgaris* sobre *Aspergillus niger*, *Penicillium expansum*, *Sclerotinia Sclerotiorum* e *Sclerotium Rolfsii*. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 14250-14260, 2021.
- OLIVEIRA, L. G. et al. Efficacy of biocontrol agents *Beauveria bassiana* and plant extracts on *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae). **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 12, n. 1, p. 171-178, 2020.
- OLIVEIRA, L. G. et al. Potencial de biocontrole *Trichoderma* spp contra *Macrophomina phaseolina* de feijão-caupi. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v. 26, n. 2, p. 1-5, 2021.
- PARRA, J. R. P. Controle biológico na agricultura brasileira. **Entomological Communications**, Santo Antônio de Goiás, v. 1, ec01002, 2019.
- PARRA, J. R. P. et al. **Controle Biológico no Brasil: Parasitóides e Predadores**. São Paulo: Manole, 2002. 635 p.
- PAULA JÚNIOR, T. J. et al. Comercialização de produtos biológicos para o controle de doenças de plantas e pragas no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 30, n. 251, p. 116-123, 2009.
- SANTOS, A. C. S. et al. Controlling *Dactylopius opuntiae* with *Fusarium incarnatum-equisetis* species complex and extracts of *Ricinus communis* and *Poincianella pyramidalis*. **Journal of Pest Science**, Berlin, v. 89, p. 539-547, 2016.
- SANTOS, A. C. S. et al. Morphology, phylogeny and sexual stage of *Fusarium caatingaense* and *Fusarium pernambucanum*, new species of the *Fusarium incarnatum equiseti* species complex associated with insects in Brazil. **Mycologia**, Philadelphia, v. 111, n. 2, p. 244-259, 2019.
- SANTOS, A. C. S. et al. Entomopathogenic *Fusarium* species: a review of their potential for the biological control of insects, implications and prospects. **Fungal Biology Reviews**, Amsterdam, v. 34, n. 1, p. 41-57, 2020.
- SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; STANGARLIN, J. R. Extratos e óleos essenciais de plantas medicinais na indução de resistência. In: CAVALCANTI, L. S. et al. (Org.). **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 125-132.
- SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; STANGARLIN, J. R.; CRUZ, M. E. S. Uso de extratos vegetais no controle de fungos fitopatogênicos. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 30, n. 1-2, p. 129-137, 2000.
- SILVA, F.; CAVALCANTE, C.; CARVALHO, L. Palma Forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) como alternativa na alimentação de ruminantes. **Revista Electrónica de Veterinária**, v. 7, n. 10, p. 1-13, 2006.
- SILVA, R. A. R. et al. Controle alternativo de *Fusarium oxysporum* com a utilização de extratos vegetais. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v. 27, n. 1, p. 1-6, 2022.
- TIAGO, P. V. et al. Polymorphisms in entomopathogenic fusaria based on intersimple sequence repeats. **Biocontrol Science and Technology**, Oxford, v. 26, n. 10, p. 1401-1410, 2016.
- VELEZ, B. A. A. et al. Potential of *Fusarium incarnatum-equiseti* species complex isolates with *Chenopodium ambrosioides* and *Enterolobium contortisiliquum* extracts to control *Dactylopius opuntiae*. **International Journal of Tropical Insect Science**, Wallingford, v. 39, n. 2, p. 131-138, 2019.
- WAQUIL, J. M. Manejo integrado de pragas: revisão histórica e perspectivas. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO: MEIO AMBIENTE E A NOVA AGENDA PARA O AGRONEGÓCIO DE MILHO E SORGO, 2002, Florianópolis, SC. **Resumos Expandidos...** Sete Lagoas: ABMS, Embrapa Milho e Sorgo; Florianópolis: Epagri, 2002. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/485673/1/Palestra-Manejo-integrado.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2022.