



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ

CAMPUS PICOS

CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

**FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS: UMA REVISÃO SOBRE A ESPÉCIE
Paecilomyces lilacinus NO CONTROLE DE PRAGAS NA AGRICULTURA**

EGON VICTOR SOUSA SALES

**PICOS – PI
2023**

EGON VICTOR SOUSA SALES

**FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS: UMA REVISÃO SOBRE A ESPÉCIE
Paecilomyces lilacinus NO CONTROLE DE PRAGAS NA AGRICULTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Licenciatura em Química
do Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Piauí, Campus Picos.

Orientadora: Dra. Isabella Cristhina Gonçalves
Costa

**PICOS – PI
2023**

FICHA CATALOGRÁFICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS PICOS
COORDENAÇÃO DE BIBLIOTECA
SERVIÇO DE PROCESSOS TÉCNICOS

S163f

Sales, Egon Victor Sousa

Fungos entomopatogênicos: uma revisão sobre a espécie
Paecilomyces lilacinus no controle de pragas na agricultura /
Egon Victor Sousa Sales. — 2023.
36 f.: il.

Monografia (Graduação em Licenciatura em Química) —
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí,
Picos, 2023.

Orientadora: Dra. Isabella Cristhina Gonçalves Costa.

1. Fungos. 2. Fungos entomopatogênicos. 3. Pragas
agrícolas. I. Título.

CDD: 589.2

EGON VICTOR SOUSA SALES

**FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS: UMA REVISÃO SOBRE A ESPÉCIE
Paecilomyces lilacinus NO CONTROLE DE PRAGAS NA AGRICULTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Licenciatura em Química do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Piauí, Campus Picos.

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Isabella Cristhina Gonçalves Costa (Orientadora)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Profa. Dra. Elcilene Alves de Sousa
Universidade Estadual do Piauí (UESPI)

Profa. Ma. Katrícia Maria Feitosa Cardoso
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Aos meus familiares, amigos, colegas e professores.

AGRADECIMENTOS

- ✓ Em primeiro lugar, agradeço a Deus por me dar a vida e todas as suas bênçãos, bem como por me apoiar e me dar força para estar aqui e continuar. Porque só Deus tem uma compreensão perfeita da minha jornada.
- ✓ Agradeço a toda a minha família por sempre me apoiar e a minha mãe Maria do Socorro Sousa Santos pela inspiração, alegria, confiança e apoio nos momentos difíceis. Ao meu pai, Francisco Gilcemar de Sales Santos, por me ensinar a ser forte. À minha irmã, Ila Monize Sousa Sales pelo apoio de sempre. Pai, mãe, irmã, obrigado por sempre me dar sonhos, sonhar comigo e lutar para que meus sonhos se tornem realidade.
- ✓ A minha orientadora, Dra. Isabella Cristhina Gonçalves Costa, ajudou-me a crescer espiritualmente ao longo dos últimos anos e continua a apoiar-me tanto na minha educação como na vida diária, que acabou se tornando uma amiga querida.
- ✓ Ao Instituto Federal do Piauí (IFPI) – O Campus de Picos que me acolheu em termos de estrutura e corpo docente e me proporcionou a oportunidade de interagir e aprender com os melhores professores.
- ✓ Aos meus amigos e colegas: Edy Anderson, Marcos Carvalho, Aline Santos, Samara Costa, Adão Carvalho, Francisco Dantas, Israel Pedro, Renato Santos e todos os demais colegas. Nos últimos quatro anos e meio, formamos amizades que nos ajudaram a compartilhar perguntas, fazer sugestões valiosas e desenvolver novas ideias.
- ✓ Por fim, gostaria de expressar minha gratidão a todos que me ajudaram a alcançar este título, direta e indiretamente.

“Viver é enfrentar um problema atrás do outro. O modo como você o encara é o que faz a diferença”.

Benjamin Franklin

RESUMO

Este estudo examina o uso de fungos entomopatogênicos da espécie "*Paecilomyces Lilacinus*" no controle de pragas na agricultura. O objetivo foi descrever a importância do fungo *P. Lilacinus* no controle de pragas na agricultura, com base em estudos já publicados na literatura, e enfatizar a importância da busca de novas fontes como alternativa ao controle biológico existente. A utilização de produtos biológicos tornou-se um dos meios ou alternativas mais discutidas e viáveis no controle de pragas, uma vez que se mostra a alternativa que mais tem vantagens em relação ao agente químico, levando-se em consideração que é uma prática que quando contamina não desequilibra o meio ambiente e nem deixa resíduos, com baixo custo e fácil aplicabilidade. Em meio a essa diversidade de fungos parasitas de ovos conhecidos, apenas duas espécies têm sido melhor estudadas: a *Pochonia chlamydosporia* e *Paecilomyces lilacinus* devido aos resultados promissores que tem apresentado. O levantamento mostrou que a espécie *P. lilacinus* apresenta grande capacidade de reduzir as infecções causadas por alguns agentes, aliado ainda a sobrevivência no solo que se configuram como fatores a serem considerados na seleção de agentes de biocontrole. Dessa maneira, o emprego da espécie *P. lilacinus* é recomendado em áreas que podem estar afetadas por agentes causadores de danos ao solo e plantas e busca desse modo, o restabelecimento do equilíbrio natural no solo e por extensão, aumentar o efeito supressivo sobre as pragas.

Palavras-chave: Fungos entomopatogênicos; Controle; Pragas agrícolas.

ABSTRACT

This study examines the use of entomopathogenic fungi of the species *Paecilomyces Lilacinus* in the control of pests in agriculture. The objective was to describe the importance of the fungus *P. Lilacinus* in the control of pests in agriculture, based on studies already published in the literature, and to emphasize the importance of the search for new sources as an alternative to the existing biological control. The use of biological products has become one of the most discussed and viable means or alternatives in the control of pests, since it is the alternative that has more advantages than the chemical agent, taking into account that it is a practice that when contaminated does not unbalance the environment or leave residues, with low cost and easy applicability. Among this diversity of known egg-parasitic fungi, only two species have been better studied: *Pochonia chlamydosporia* and *Paecilomyces lilacinus* due to the promising results they have presented. The survey showed that the species *P. lilacinus* has a great capacity to reduce infections caused by some agents, combined with survival in the soil, which are factors to be considered in the selection of biocontrol agents. Thus, the use of the species *P. lilacinus* is recommended in areas that may be affected by agents that cause damage to the soil and plants, thus seeking to reestablish the natural balance in the soil and by extension, increase the suppressive effect on pests.

Keywords: entomopathogenic fungi; control; agricultural pests.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Impacto de nematóides na soja.	15
Figura 2. Molécula do DDT.....	16
Figura 3. Molécula do BHC.....	16
Figura 4. Ciclo de infecção por fungos entomopatogênicos.....	19
Figura 5. Cultura de <i>Paecilomyces lilacinus</i> , colônia de coloração vinácea em ágar batata-cenoura..	24
Figura 6. Penetração de <i>P. Lilacinus</i> em um ovo de <i>Meloidogyne incognita</i>	25

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Geral.....	14
2.2 Específicos.....	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
3.1 Nematóides na agricultura.....	15
3.2 Fungos entomopatogênicos.....	16
3.3 Pesticidas sintéticos.....	17
3.4 Aplicações Farmacológicas.....	19
4. METODOLOGIA.....	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
5.1 A espécie <i>Paecilomyces lilacinus</i>	23
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
7. REFERÊNCIAS.....	32

1. Introdução

O uso de compostos químicos sintéticos tem sido o principal método de controle de pragas por muitos anos. Apesar de sua significativa contribuição para a produção agrícola, o uso intensivo e indiscriminado desses produtos estimulou o desenvolvimento de pragas secundárias e não eliminou os problemas existentes. Além disso, são muito tóxicos e prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana. (MARQUES et al, 2004).

De acordo com Valicente (2009) uma alternativa ao uso de compostos químicos sintéticos é o controle biológico com fungos entomopatogênicos pode ser definido como o uso de fungos, vírus, bactérias e protozoários para controlar pragas. Os principais hospedeiros de fungos entomopatogênicos são pulgões, moscas brancas, gafanhotos, moscas, besouros, lagartas, tripes e ácaros. (VALICENTE, 2009).

Diversas pragas estão causando danos irreparáveis em todas as culturas existentes no país no atual cenário agrícola do Brasil. Os nematóides são um dos mais significativos, causando perdas de produtividade de mais de 50% em algumas culturas nos últimos anos (MACHADO e CASTRO, 2017). Atualmente, as estratégias de manejo preferidas dos nematóides são aquelas que reduzem custos, aumentam a produção e não agredem o meio ambiente. (RITZINGER e FANCELLI, 2006).

Os nematóides são os organismos multicelulares mais abundantes na Terra (KIMPINSKI; STURZ, 2003). Geralmente, eles são classificados de acordo com seus hábitos nutricionais. Entre um grande grupo de fito nematoides, nematóides de plantas ou nematóides parasitas de plantas que causam danos econômicos significativos a uma ampla variedade de culturas. Esses organismos se alimentam e se reproduzem em plantas vivas e são capazes de migrar para a zona da rizosfera, dentro das raízes ou partes acima do solo. Eles causam estragos em muitas culturas e causam enormes prejuízos à agricultura, especialmente em regiões tropicais e subtropicais (SIKORA; FERNANDEZ, 2005).

Os nematóides parasitas de plantas contribuem para a destruição do sistema radicular, causando nódulos ou lesões necróticas nas raízes e impedindo que as plantas absorvam água e nutrientes. (RITZINGER e FANCELLI, 2006). Ritzinger e

Fancelli (2006) ainda retrataram que devido à falta de informações sobre a importância econômica dos nematóides, esses organismos são muitas vezes negligenciados nos agroecossistemas, atingindo “status” patogênico apenas quando suas populações são muito altas e os danos são perceptíveis.

Para o manejo de nematoides, geralmente são utilizados controles químicos. No entanto, os nematicidas químicos são cada vez mais limitados devido à sua alta toxicidade, riscos de poluição ambiental, alto custo, baixa disponibilidade em países em desenvolvimento ou baixa eficácia de controle após uso repetido (DONG e ZHANG, 2006).

Em conformidade com Rocha (2018), os principais nematóides da soja são espécies pertencentes aos seguintes gêneros: *Meloidogyne*, *Heterodera*, *Globodera*, *Prathylenchus*, *Rodopholus*, *Rotylenchulus*, *Nacobbus* e *Tylenchulus*. Esses parasitas contêm um tipo de estilete em suas peças bucais, que podem cortar o tecido vegetal e remover nutrientes das plantas, transportando toxinas enquanto comem as raízes, prejudicando seu desenvolvimento e suas funções (DIAS et al., 2009).

Segundo Moreno-Gavira (2021), uma revisão abrangente recentemente publicada de *Paecilomyces* sp., como agente de controle biológico contra bactérias, fungos, patógenos de plantas e inúmeras pragas, contribuiu significativamente para a obtenção de preparações microbianas úteis para a agricultura.

Os argumentos temáticos que conduziram este estudo foram para levar a pensar sobre os problemas causados por parasitas nematóides na agricultura e o uso de fungos entomopatogênicos para minimizar o impacto dos nematoides na agricultura. Todas essas discussões mostram o quanto é importante buscar novas alternativas e pesquisas para harmonizar o uso de fungos no controle de pragas. Nessa perspectiva, o presente estudo teve como objetivo analisar a utilização de fungos entomopatogênicos da espécie *Paecilomyces lilacinus* no controle de nematoides na agricultura.

2. Objetivos

2.1. *Objetivo Geral*

- Relatar a importância do fungo *Paecilomyces lilacinus* no controle de pragas na agricultura, com base em estudos já publicados na literatura, e enfatizar a importância da busca de novas fontes como alternativa ao controle biológico existente.

2.2. *Objetivos Específicos*

- Descrever acerca do uso de fungos entomopatogênicos na agricultura;
- Relatar a importância do controle de pragas agrícolas na agricultura;
- Discutir sobre o potencial de metabólitos secundários em fungos entomopatogênicos e suas aplicações farmacológicas;
- Comparar os benefícios e malefícios na utilização de fungos entomopatogênicos e pesticidas no controle de pragas.

3. Referencial Teórico

3.1 Nematóides na agricultura

Os patógenos de solo, como os nematoides por exemplo, possuem grande relevância na agricultura devido aos danos observados e ainda pelas dificuldades de controle deste. As plantas, quando atacadas de forma muito severa, pelos nematóides das galhas, apresentam redução do tamanho da eficiência do sistema radicular funcional (ROBL et al., 2012).

Com isso, os cultivos em áreas com grandes infestações podem causar a morte das mudas no campo, afetando, com efeito, a produção destas (CANTU et al., 2009). Assim, o uso de nematicidas, geralmente tem apresentado baixa eficiência e por outro lado, aumentado o custo do tratamento (CARNEIRO, 1992) de maneira que isso faz com que os métodos alternativos de controle sejam cada vez mais pesquisados (ZAMBIASI e BELOT, 2010).

Os nematoides-das-galhas (*Meloidogyne spp.*) são os fitonematoides de maior importância econômica no mundo (MOENS ET AL. 2009). Nematoides-das-galhas são citados como um dos principais problemas que podem causar declínios de produtividade em todas as culturas agrícolas sociais e econômicas (trigo, arroz, soja, milho, batata, cevada, feijão, etc.). Assim, o *Meloidogyne spp.* pode ser considerado um patógeno que representa um alto risco para a segurança alimentar global. (RAMOS et al, 2019).

A figura 1 mostra o impacto de nematoides na raiz da soja.

Figura 1: Impacto de ataque de nematoides na soja

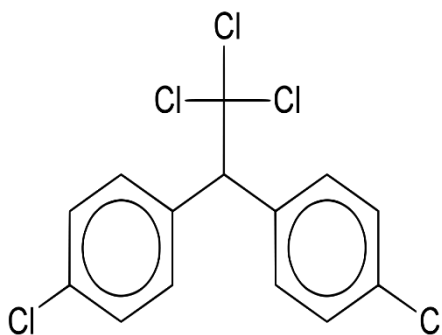


Fonte: <https://www.canalrural.com.br/projeto-soja-brasil/soja-pesquisa-prejuizos-65-bilhoes-nematoides/>

3.2 Pesticidas Sintéticos

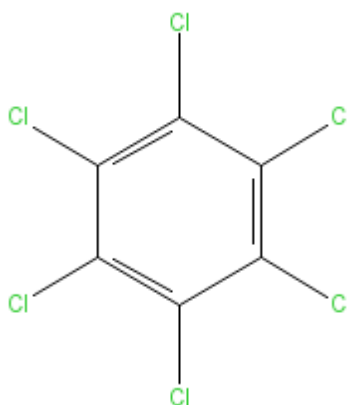
Após a Segunda Guerra Mundial, a quantidade de novas substâncias e seu uso generalizado na agricultura aumentaram em excesso. O BHC (Hexaclorobenzeno) e o DDT (Dicloro-Difenil-Tricloroetano) representado nas figuras 2 e 3, tornaram-se um dos produtos químicos mais importantes, aplicados em larga escala nas lavouras para combater insetos. (SANCHES, et al., 2003). Com o aumento do plantio de monoculturas e a destruição da diversidade, surgiram diversas pragas, que são combatidas através do uso de agrotóxicos. (AMARANTE JÚNIOR, 2002).

Figura 2: Molécula do DDT (Dicloro-Difenil-Tricloroetano)



Fonte: ALVES, L.

Figura 3: Molécula do BHC (Hexaclorobenzeno)



Fonte: NETO, S., (2006)

Os pesticidas utilizados na agricultura para o controle de pragas e doenças têm causado poluição dos recursos hídricos, resultando em alterações nos ecossistemas e riscos à saúde, principalmente quando a água é utilizada para consumo humano. A poluição ocorre principalmente nas proximidades dos locais de uso através da contaminação das águas superficiais ou subterrâneas (DELLAMATRICE e MONTEIRO, 2014).

Vários produtos altamente tóxicos estão registrados para uso em algumas culturas que não possuem outros produtos para utilizar, mas são utilizados devido à sua alta eficácia em outras culturas para as quais não são recomendados (DELLAMATRICE e MONTEIRO, 2014).

Sem dúvida, um dos maiores desafios da sociedade moderna é como produzir produtos agrícolas suficientes para a sobrevivência humana sem prejudicar o meio ambiente ou usar pesticidas ou níveis de toxicidade química muito baixos. O uso de pesticidas é visto como crucial e necessário para aumentar a produtividade das terras agrícolas (NASCIMENTO e MELNYK, 2016).

É fundamental enfatizar que o uso indiscriminado de toxinas agrícolas tem efeitos indesejáveis tanto para os seres humanos quanto para a vida selvagem em decorrência da poluição e acidentes, e que precisa ser rigorosamente controlado (NASCIMENTO e MELNYK, 2016).

Segundo Melo et al., (2010) os impactos causados pelo uso de agrotóxicos são preocupantes, pois afetam negativamente a qualidade ambiental e reduzem a produtividade das plantas, principalmente devido à resistência a pragas e doenças, aos produtos utilizados, ao surgimento de novas pragas, e a morte dos inimigos naturais.

3.3 Fungos entomopatogênicos

A utilização de inimigos naturais é promissora e se torna um campo fértil e fascinante de investigação sendo potencialmente útil dentro das medidas duráveis (STIRLING, 1991).

Atualmente no cenário brasileiro, os fungos são descritos como um dos grupos de microrganismos vivos mais pesquisados. E embora hajam muitos estudos sobre

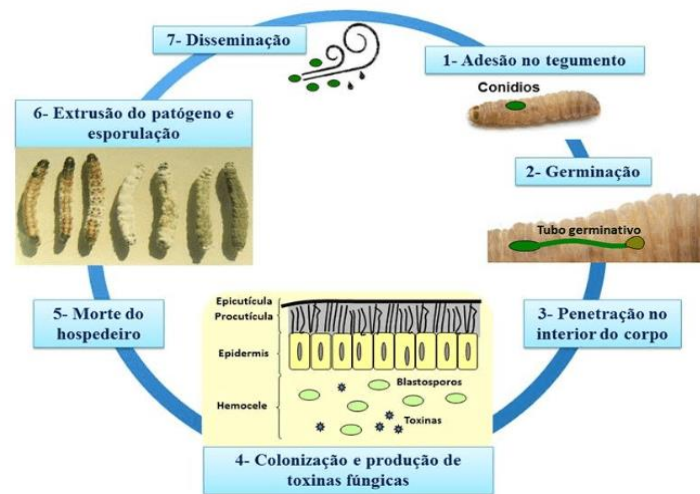
esse tema e ainda com o conhecimento detalhado sobre algumas espécies, constata-se que a documentação dessas informações ainda acontece de forma ascendente, levando-se em consideração que existe uma grande diversidade a ser explorada e que por esse motivo demanda atenção maior (SILVA, 2016). Dependendo do local onde se encontram, os fungos entomopatogênicos podem ter crescimento lento ou acelerado, o que implica na inexploração de muitas das suas espécies, evidenciando assim, indícios de que há ainda muitas substâncias a serem descobertas (LOPES, 2011).

Os fungos entomopatogênicos, quando se encontram em complexo com seu hospedeiro, configuram-se como rica fonte de moléculas bioativas de interesses químicos, farmacêuticos, agrônomos e industriais uma vez que há uma relação simbiótica hospedeiro-inseto que está diretamente ligada a produção de metabólitos secundários fúngicos, exibindo atividades variadas que podem ser usadas na produção dos inseticidas, antibacterianos, antifúngicos, anticancerígenos, antioxidantes, antivirais, entre outros (WANG, 2012).

Os fungos entomopatogênicos são considerados importantes agentes biológicos de controle de pragas (INGLIS et al., 2008). São organismos capazes de colonizar uma grande variedade de pragas e podem causar epizootias (doenças que podem causar a morte ou interferir na alimentação e reprodução de insetos e ácaros). (ROHRIG, 2021).

O interesse em agentes de controle biológico tem crescido constantemente devido a preocupações com a poluição ambiental e a resistência a pragas resultantes do uso de inseticidas químicos (GIBSON et al., 2014). Assim, a figura 4 traz o ciclo de infecção por fungos entomopatogênicos.

Figura 4. Ciclo de infecção por fungos entomopatogênicos.



Fonte: <https://agro.genica.com.br/2022/09/26/fungos-entomopatogenicos/>

Os fungos entomopatogênicos desempenham um papel significativo no controle natural das populações de insetos (MASCARIN e PAULI, 2010). Ao entrando em contato com o corpo do hospedeiro, entrando no tecido por meio de enzimas e colonizando o corpo do inseto, o que faz com que ele morra em questão de dias (ALVES, 1998).

Uma vantagem importante do estudo de fungos em relação a outras fontes de produtos naturais é o fato de que esses microrganismos podem ser cultivados em larga escala sem prejudicar os ecossistemas.

Os fungos entomopatogênicos têm a capacidade de atacar insetos aquáticos e fitófagos que vivem em terra e em partes aéreas de plantas, potencialmente causando epizootias naturais. Eles podem infectar animais hospedeiros em todos os estágios de desenvolvimento, incluindo ovos, larvas, pupas e adultos, tornando essa característica desse grupo muito desejável e incomum. Alguns deles são bastante virulentos, e a maioria é altamente especializada na penetração tegumentar, o que lhes confere vantagem sobre outros grupos de patógenos que só podem entrar no inseto por via oral e penetrar pelo mesêntero (ALVES, 1998).

Em meio a essa diversidade de fungos parasitas de ovos, duas espécies têm sido bastante estudadas: a *Pochonia chlamydosporia* e *Paecilomyces lilacinus* devido aos resultados promissores que tem apresentado. O *Paecilomyces lilacinus* é um fungo do solo que vem se mostrando efetivo no biocontrole de algumas pragas

agrícolas (KERRY, 1990). Trata-se de um fungo que se caracteriza por penetrar nos ovos de nematóides e que destrói o embrião, podendo dessa maneira, exercer forte pressão na capacidade reprodutiva das fêmeas colonizadas e posteriormente, mortas (DUNN et al., 1982). Com essa constatação, alguns estudos envolvendo a seleção de isolados de *Paecilomyces lilacinus* no uso do controle de nematóides são relevantes na busca de microrganismos eficientes e adaptados às diferentes regiões (SANTIAGO et al., 2006).

Apesar de alguns resultados encorajadores tem sido observado em condições brasileiras (SANTIAGO et al., 2006), pesquisas em torno do comportamento de *Paecilomyces lilacinus* como parasitas das diferentes espécies das pragas agrícolas são recomendados a fim de que se conheça seu emprego na agricultura.

3.4 Aplicação Biológica Farmacológica

Os fungos entomopatogênicos são uma rica fonte de metabólitos secundários. Em um estudo comparativo de fungos sequenciados, núcleos de metabólitos secundários são mais bem representados nos genomas de espécies entomopatogênicas do que nos de fungos com outras associações/comparações. Além do potencial antibiótico que os metabólitos fúngicos podem ter em entomopatógenos, eles podem desempenhar um papel na patogenicidade e outras interações entre o fungo e seu hospedeiro, ou mediar funções de comunicação interespecíficas ou intraespecíficas, ou ajudar a aliviar estresses abióticos e bióticos. (GIBSON et al., 2014).

Vários fungos entomopatogênicos tem sido utilizado como biocatalisadores de células inteiras para diversas modificações de substratos químicos, muitas vezes para o isolamento de novos compostos bioativos. *Beauveria sp* foi o organismo mais utilizado para tais fins. (GIBSON et al., 2014).

Existem alguns tipos de fungos entomopatogênicos que podem ser usados em processos biotecnológicos em razão de sua alta capacidade de produzir metabólitos secundários e ter elevada taxa enzimática, bem como ainda apresentar um rápido crescimento em meio de cultura (DOU ET AL. 2019; KOZŁOWSKA et al., 2019).

As reações catalisadas pelas células em aplicações incluem oxidação (por exemplo, hidroxilação), redução, transglicosilação e hidrólise. O principal impulsionador de tais modificações foi a produção de (novos) compostos com maior atividade biológica focados em proporcionar efeitos benéficos à saúde humana. Assim, acredita-se que os compostos químicos têm vários efeitos antimicrobianos, anti-inflamatórios, imunoestimuladores, antiproliferativos e/ou protetores de tecidos, muitas vezes com um composto específico ou vários derivados com uma gama notavelmente ampla de efeitos. (GIBSON et al., 2014).

Os metabólitos originários de fungos fornecem benefícios ou malefícios para os demais seres vivos ao produzir toxinas potentes como os alcaloides, aflatoxinas, e amatoxinas, trazendo alguns efeitos patogênicos para os seres humanos, contudo, nos últimos anos, muitos são fármacos de relevância impar que foram desenvolvidos a partir de produtos naturais isolados de fungos, dentre os quais por exemplo, pode-se citar a Penicilina G, a Cefalosporina e a Ciclosporina (BOECKER et al., 2016).

A produção de metabólitos traz benefícios quando este entra em competição com os demais microrganismos, o que explica o fato dessas substâncias apresentarem efeitos tóxicos (KHALDI et al., 2010). Os fungos entomopatogênicos produzem uma quantidade importante de moléculas biologicamente ativas, dentre as quais se tem as destruxinas, citocalasinas, viridoxinas, beauvericinas, bassianolides, ácido oxálico, efraeptinas, Penicilina G, Cefalosporina e a Ciclosporina, leucinotastinas, hirsutelinas, formalactona e cordicepinas (ROBERTS e KRASNOFF, 1998).

4. Metodologia

Na organização desse estudo, a pesquisa científica se trata de um fator/elemento de grande relevância e se vale das técnicas e do método a ser usado na pesquisa científica para validar informações. Partindo desse entendimento, classifica-se essa pesquisa quanto a abordagem, objetivos e técnicas ou procedimentos de estudo, como um estudo exploratório, explicativo, qualitativo e bibliográfico com revisão integrativa de literatura.

Os artigos foram selecionados a partir de buscas nas seguintes bases de dados: Periódicos CAPES, Scielo, Science Direct e Google Acadêmico em agosto-dezembro de 2022 e, realizou-se uma Revisão Integrativa de Literatura e, esta levou em consideração alguns critérios de inclusão e de exclusão. Os descritores desse estudo foram: fungos entomopatogênicos, espécie *Paecilomyces lilacinus* e nematoides parasitas de plantas.

Os critérios de inclusão definidos para a seleção dos artigos foram: artigos publicados em português e inglês e artigos publicados nas últimas duas décadas (2002-2022). Como consequência, tomaram-se critérios de exclusão artigos que não obedecessem aos critérios de inclusão e artigos cujos objetivos fugissem à temática em estudo.

Mediante o acervo teórico pesquisado, foi desenvolvida uma triagem destes textos a partir da leitura de resumos e referências, bem como da metodologia empregada nesses estudos para que pudessem ser utilizados, ou não, como referência na construção dessa pesquisa. E em seguida, procedeu-se a análise e interpretação do material disponível selecionando aqueles que são pertinentes ao objetivo do trabalho, isto porque, de acordo com Marconi e Lakatos (2009), de fato, nenhum estudo parte da estaca zero, pois é preciso buscar fontes de estudos já construídas sejam elas, documentais ou bibliográficas. E diante desses materiais, de posse das citações e principais conclusões das pesquisas pode-se evidenciar a contribuição da pesquisa reafirmando ou contradizendo algo, comportamentos e atitudes.

5. Resultados e Discussões

5.1 A espécie *Paecilomyces lilacinus*.

O uso de tecnologias de produção diferenciadas na atividade agrícola permite o plantio sucessivo no solo com o consequente aumento da rentabilidade no setor, porém, apesar de permitir o aumento da produtividade, essas tecnologias criam, também condições de umidade e temperaturas ideais ao desenvolvimento de patógenos, favorecendo a ocorrência de doenças (SANTIN, 2008).

Além dos danos diretos ocasionados pelo ataque dos nematoides, estes ainda causam ferimentos nas raízes das plantas que servem como porta de entrada para vários patógenos. Assim, atualmente, o controle químico vem sendo considerada uma das medidas adotada para minimizar os danos causados por alguns patógenos. Todavia, devido ao impacto ambiental a baixa eficiência e alto custo desta medida de controle torna-se necessário estudar alternativas de controle, as quais possam ser usadas como novas estratégias e assim, reduzir os prejuízos. (SANTIN, 2008).

Entre tais medidas para o controle de nematoides, destaca-se o controle biológico a partir do uso de diversos microrganismos antagonistas, como o uso do fungo *Paecilomyces lilacinus* que é uma espécie de fungo entomopatogênico e que se define como um fungo do solo de efeito eficaz no biocontrole de espécies. Os estudos acerca desse tipo de fungo mostram que o *Paecilomyces lilacinus* é relevante para o controle de nematóides são importantes na busca de microrganismos eficientes e adaptados às diferentes regiões.

O *Paecilomyces lilacinus* é conhecido por sua ação parasita sobre os voos e fêmeas de alguns patógenos e muitas foram as pesquisas realizadas com estes para verificar o controle destas sobre nematoides, porém, frequentemente os métodos de produção de biomassa usado ao estavam descritos ou eram realizados como meios de cultura onerosos. Na Alemanha, a indústria Prophyta comercializa *Paecilomyces lilacinus* em vários países e três outras formulações deste fungo filamentoso são produzidas na África do Sul, Austrália e Colômbia (SANTIN, 2008).

O parasitismo de *Paecilomyces lilacinus* é facultativo, podendo infectar nematoides nas fases móveis, fêmeas sedentárias ou mais agressivamente os ovos. (JACOBS, 2002). A figura 5 traz o fungo *P.lilacinus* cultivado.

Figura 5: Cultura de *Paecilomyces lilacinus*, colônia de coloração vinácea em ágar batata-cenoura.



Fonte: Lavergne et al., (2012).

O fungo *P. lilacinus* é frequentemente isolado de diferentes hospedeiros ou substratos em diferentes locais (FARIA e TIGANO, 1996; SOSA-GOMEZ, 2002) e é difundido e mais frequente em solos cultiváveis (DOMSCH et al., 1980). A presença de *P. lilacinus* e outros parasitas de ovos foi detectada em solos cultivados em pessegueiro e quiabeiro nas cidades de Pelotas-RS e Atalaia-PR (SANTOS et al., 1991).

A Figura 6 mostra a penetração do *P.Lilacinus* em um ovo de Nematóide.

Figura 6. Penetração de *P. Lilacinus* em um ovo de *Meloidogyne incognita*.



Fonte: R.M Sayre

Os estudos de Santiago et al (2006), todos os isolados de *P. lilacinus* testados promoveram a redução das populações de *M. paranaensis* em raízes de tomateiro. Resultados semelhantes foram confirmados por FELLI et al. (1985), Cabanilas et al. (1989) e FREITAS et al. (1999), tratando de espécies de *M. incognita* e *M. javanica* em tomateiro utilizando isolados de *P. lilacinus* de diferentes origens.

Entre os maiores fungos parasitas de ovos conhecidos, apenas *Pochonia chlamydosporia* e *Paecilomyces lilacinus* foram estudados com resultados mais promissores (ATKINS et al., 2003). A espécie *P. lilacinus* cresce em diversos substratos, adapta-se a diversos valores de pH do solo e é muito competitiva no campo (JACOBS et al., 2003).

O Quadro 1 apresenta a espécie vegetal com a espécie de praga agrícola que está infectada e sua atividade nematicida.

Quadro 1. Potencial do *P. lilacinus* no controle de pragas em espécies agrícolas.

Espécie vegetal agrícola		Praga agrícola	Atividade nematocida	Referências
Nome comum	Nome científico			
Tomateiro	<i>Solanum lycopersicum</i>	<i>Meloidogyne paranaensis</i>	Isolados do fungo <i>Paecilomyces lilacinus</i> foram considerados os melhores para o controle de <i>M. paranaensis</i> no cultivo de tomateiro em casa-de-vegetação, pois reduziram a população dos nematóides e apresentaram uma elevada taxa de sobrevivência no solo, características desejáveis para um agente de biocontrole.	SANTIAGO et al., 2006.
Soja	<i>Glycine max</i> (L.) Merrill	<i>Heterodera glycines</i>	O fungo <i>P. lilacinus</i> influenciou na redução do número de fêmeas presentes no sistema radicular. Também foi observado que os testes realizados com abamectina associada ao <i>P. lilacinus</i> mostrou um potencial nematocida no controle de <i>H. glycines</i>	ALMEIDA et al., 2016
Arroz	<i>Oryza sativa</i>	<i>Meloidogyne graminicola</i>	Foram analisados 195 vasos com plantas de arroz da variedade INIAP 15. Foram avaliados o volume radicular, peso radicular, altura, densidade populacional de <i>M. graminicola</i> no solo e raízes; e unidades formadoras de colônias de <i>Paecilomyces lilacinus</i> . O grupo que obteve a menor densidade populacional de nematóides nas raízes foram os tratamentos com Nematon e <i>P. lilacinus</i> .	MUNOZ, 2014

Cafeeiro	<i>Coffea arábica</i> L.	<i>Meloidogyne paranaensis</i>	Isolados de <i>P.lilacinus</i> reduziram as más formações causadas por <i>M.paranaensis</i> nas raízes dos cafeeiros, além de reduzir a população de ovos no sistema radicular	CADIOLI, M. C. et al., 2009.
----------	--------------------------	--------------------------------	--	------------------------------

No estudo de Santiago et al (2006) verificou-se que os isolados do fungo *Paecilomyces lilacinus* foram considerados nessa pesquisa os melhores para o controle de *M. paranaensis* no cultivo do tomateiro, uma vez que se percebeu que estes fungos reduziram a população de nematóides e apresentaram, com efeito, uma elevada taxa de sobrevivência no solo que são características desejáveis para um agente de biocontrole.

A pesquisa de Almeida et al (2016) mostra que o fungo *P. lilacinus* apresentou influência significativa na massa fresca da raiz e as quantidades de fêmeas do sistema radicular e ainda por grama de raiz. Contudo, segundo esse estudo não se observou diferença na quantidade de ovos produzidos por fêmeas.

No estudo de Munoz (2014) analisaram-se 195 vasos com plantas de arroz e se avaliou o volume radicular peso, altura, densidade populacional de *M. graminicola* em solo e raízes e unidades formadoras de colônias de *Paecilomyces lilacinus*. Com isso, obteve-se que o grupo que mais apresentou a menor densidade populacional de nematoides nas raízes foram os tratamentos com Nematon e *P.lilacinus*. E se verificou ainda que em todas as avaliações feitas nas populações de *M. graminicola* obteve o maior número de nematoides.

O desenvolvimento de *P. lilacinus* enquanto um agente de controle biológico depende de diversos fatores, entre eles a concentração de inóculo, idade da planta, virulência do patógeno, viabilidade e método de aplicação, condições ambientais, tipo, fertilidade, temperatura, pH do solo e ainda a suscetibilidade do hospedeiro (KERRY, 2000).

A fim de reduzir as perdas nas lavouras do café e também dirimir para níveis mínimos os danos causados ao ambiente devido ao uso de produtos químicos, o controle biológico tem sido considerado como uma das alternativas, na perspectiva integrada, na qual se busca assegurar o desenvolvimento sustentável na agricultura (FERRAZ et al., 2012)

Paecilomyces lilacinus tem se mostrado eficaz no controle de espécies de *Meloidogyne* (KERRY, 1990). Assume como características a penetração no embrião dos ovos nematoides os quais destroem o embrião quando exercem forte pressão na capacidade reprodutiva das fêmeas que são colonizadas e depois disso, mortas (DUNN et al., 1982).

Os patógenos de solo, como os nematoides de galhas que pertencem ao gênero *Meloidogyne spp.*, tem grande relevância na cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* L.), devido aos danos causadores e ainda em face das dificuldades no controle e assim, as plantas de tomate quando atacadas severamente pelos nematoides das galhas, apresentam redução do tamanho e da eficiência do sistema radicular funcional (CANTU et al., 2009; ZAMBIASI; BELOT, 2010).

No solo, algumas técnicas são recomendadas para o controle dos nematoides parasitos, cultivares resistentes, solarização e o uso de organismos supressores aos nematoides (CANTU et al., 2009).

Espécies pertencente ao gênero *Paecilomyces* podem produzir uma variedade de compostos pertencente a diferentes classes químicas, tais como: alcaloides, peptídeos, policetídeos, α -pironas, que possuem grande potencial biológico (ELBANDY et al, 2009; TELES et al, 2013).

O *P. lilacinus* quando cultivado em meio de malte, glicose e peptona, foram isolados e identificados ciclo-hexanonas e α -pironas. O peptídeo leucinostatina A ($C_{62}H_{111}N_{11}O_{13}$), um agente antibacteriano, foi obtido a partir de um filtrado de *P. lilacinus*. Outros peptídeos produzidos por esta espécie de fungo também têm sido relatados, como as paecilotoxina A e paecilotoxina B, por exemplo (MIKAMI et al, 1989; MORI et al, 1982). Os peptídeos, moléculas que se formam a partir de ligação peptídica, podendo variar de acordo com o número e o tipo de aminoácidos presentes na estrutura, têm se destacado pelo seu potencial biológico no controle de pragas agrícolas.

Essas informações aliadas à ideia de que o ambiente em que esses fungos estão inseridos (planta hospedeira) seja competitivo e dinâmico (interação ecológica), é desejável que os mesmos produzam substâncias em resposta a algum tipo de interação, e conseqüentemente apresentem algum tipo de atividade, em sua maioria antagônica, podendo atuar na defesa de algumas espécies de plantas.

Com isso, dentro da perspectiva do manejo integrado de pragas, os fungos podem ser usados, considerando que vários gêneros tem a capacidade de reduzir a multiplicações de nematoides seja por parasitismo, predação ou antagonismo (SIDDIQUI; MAHMOOD, 1996). Sendo assim, o fungo *P. lilacinus* se trata de um agente promissor, já que é um parasito facultativo de ovos e fêmeas de *Meloidogyne*

spp. (KERRY, 1990), evolui rapidamente in vitro sobre resíduos agroindustriais (ROBL et al., 2009) bem como ainda a sua sobrevivência no solo não depende da presença dos nematoides (CARNEIRO, 1992).

Os nematoides associados ao cafeeiro estão no grupo numeroso de espécies, com destaque para o gênero *Meloidogyne Goeldi*, que são amplamente distribuídas nas áreas cafeeiras do país e que tem causado grandes perdas para os produtores e para a economia do país (GONÇALVES et al., 2000).

Nos dias atuais, existem diversos métodos de controle dos nematoides, a exemplo da rotação de culturas, uso de cultivares resistentes, uso de nematicidas, entre outros (AMARAL et al., 2002). Contudo, esses métodos nem sempre são adequados às práticas da agricultura ou economicamente viáveis.

Assim, a busca por novos métodos ou alternativas que tragam controle de fitonematoídes em substituição aos nematicidas convencionais configuram-se como uma preocupação em escala mundial (Ferraz & Freitas, 2004), e por isso, tem-se desenvolvido a realização de pesquisa para a identificação de substâncias bioativas que possam ser usadas no manejo integrado de pragas e doenças com menor custo e impacto ambiental (ISMAN, 2000).

Verifica-se que os estudos analisados entendem que a seleção de isolados de *P. lilacinus* usados no controle de nematoides, pragas agrícolas, são relevantes (CABANILLAS et al., 1989).

6. Considerações Finais

O levantamento mostrou que a espécie *P. lilacinus* apresenta grande capacidade de reduzir as infecções causadas por alguns agentes, aliado ainda a sobrevivência no solo que se configuram como fatores a serem considerados na seleção de agentes de biocontrole. Dessa maneira, o emprego da espécie *P. lilacinus* é recomendado em áreas que podem estar afetadas por agentes causadores de danos ao solo e plantas e busca desse modo, o restabelecimento do equilíbrio natural no solo e por extensão, aumentar o efeito supressivo sobre os nematoides.

Referências

- ALMEIDA et al., (2016) -**Multi-Science Journal**, v.1, n. 4(2016) 62-65
- AMARAL, D. R.; OLIVEIRA, D. F.; CAMPOS, V. P.; CARVALHO, D. A. **Efeitos de alguns extratos vegetais na eclosão, mobilidade, mortalidade e patogenicidade de Meloidogyne exigua do cafeeiro**. Nematologia Brasileira, v. 26, n. 1, p. 43-48, 2002.
- AMARANTE JR., O.P. de. **Avaliação do potencial de contaminação por herbicidas: determinação do 2,4-D e do seu principal produto de degradação em solos de campos de cultivo de eucaliptos**. São Luís, 2002. p. 12. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Federal do Maranhão.
- ATKINS, S. D.; HIDALGO-DIAZ, L.; KALISZ, H.; MAUCLINE, T. H.; KIRSCH, P. R.; HERRY, B.R. **Development of a new management strategy for the control of root-knot nematodes (Meloidogyne spp.) in organic vegetable production**. Pest Management Science, v. 59, n. 2, p. 183-189, 2003.
- ALVES, L. **Dicloro-difenil-tricloroetano (DDT)**. Info Escola. Disponível em: <https://www.infoescola.com/quimica/dicloro-difenil-tricloroetano-ddt/> Acesso em: 14 de dezembro de 2022.
- ALVES, Roberto Teixeira **Pequeno manual sobre fungos entomopatogênicos** / Roberto Teixeira Alves, Marcos Faria – Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010.
- ALVES, S. B. **Controle microbiano de insetos**. Piracicaba: Fealq, 1998. 1163 p.
- ANDRÉA, M, M, de. **Contaminação dos solos por pesticidas**. Biológico, São Paulo, v.60, 1.2, p.63-65, jul./dez., 1998.
- BOECKER, S.; ZOBEL, S.; MEYER, V.; SUSSMUTH, R. D. **Rational biosynthetic approaches for the production of new-to-nature compounds in fungi**. Fungal Genetics and Biology, Germany, n. 89, p. 89-101, Feb. 2016.
- CABANILLAS, E. et al. **Survival of Paecilomyces lilacinus in selected carriers and related effects on Meloidogyne incognita on tomato**. Journal of Nematology, v.21, n.1, p.121-130, 1989b.
- CADIOLLI, M.C.; SANTIAGO, D.C.; OLIVEIRA, A.D.; PAES, V.S.; ARIEIRA, G.O.; BAIDA, F.C. **Efeito de isolados de Paecilomyces lilacinus no desenvolvimento de cafezais e na população de Meloidogyne paranaenses**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.33, n.3, p.713-720, 2009.
- CANTU, R. R. et al., **Reação de porta-enxertos comerciais de tomateiro a Meloidogyne mayaguensis** Summa Phytopathologica, v. 35, n. 3, p. 216-218, 2009.
- CARNEIRO, Regina. **Princípios e tendências do controle biológico de nematóides com fungos nematófagos**.
- DELLAMATRICE, P. M.; MONTEIRO, R. T. R. **Principais aspectos da poluição de rios brasileiros por pesticidas**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 18, n. 12, p. 1296-1301, 2014.

DIAS, W.P.; J.F.V. SILVA; G.E.S. CARNEIRO; A. GARCIA; C.A.A. **Nematóide de cisto da soja: biologia e manejo pelo uso da resistência genética.** Nematologia Brasileira 33:1-16. 2009.

DOMSCH, K.H., GAMS, W. & ANDERSON, T.H. 1980. **Compendium of soil fungi.** Academic Press, New York.

DONG, L. Q.; ZHANG, K. Q. **Microbial control of plant-parasitic nematodes: a five-party interaction.** *Plant Soil*, v. 288, n. 1, p. 31-45, 2006.

Dou F, Wang Z, Li G, Dun B (2019) **Microbial transformation of flavonoids by *Isaria fumosorosea*** **ACCC 37814.** *Molecules* 24:1028. <https://doi.org/10.3390/molecules24061028>.

DUNN, M. T.; SAYRE, M. R.; CARREL, A.; WERGIN, P. **Colonization of nematode eggs by *Paecilomyces lilacinus* (Thom.) Samson as observed with scanning electron microscope. SEM/1982/III. Scanning Electron Microscopy, Inc., Chicago.** pp. 1351-1357. 1982.

Elbandy, M.; Shinde, P.B.; Hong, J.; Bae, K.S.; Kim, M.A.; Lee, S.M.; Jung, J.H. **α -pyrones and yellow pigments from the sponge-derived fungus *Paecilomyces lilacinus*.** *Bull. Korean Chemical Society*, v.30, p. 188, 2009.

FARIA, M.R.; TIGANO, M.S. **Coleção de fungos entomopatogênicos do Cenargen.** (Eds.). Brasília: Embrapa, Serviço de Produção e Informação, 1996. 76p.

FELLI, L.F.S. et al. **Efeito de *Paecilomyces lilacinus*, carbamatos e matéria orgânica no controle de *Meloidogyne incognita* em tomateiro.** *Nematologia Brasileira*, v.9, (único), p.34-35, 1985.

FERRAZ, S.; FREITAS, L.G. **Use of antagonistic plants and natural products.** In: CHEN, Z.; CHEN, S.; DICKINSON, D.W. (Ed.). *Nematology – Advances and Perspectives. Volume II: Nematode Management and Utilization.* Beijing & Wallingford: Tsinghua University Press & CABI Publishing, 2004. p. 931-978

FERRAZ, S.; SANTOS, M.A. **Controle biológico de fitonematóides pelo uso de fungos.** In: LUZ, W.C. (Ed). *Revisão Anual de Patologia de Plantas.* Passo Fundo: EMBRAPA, 1995. p.283-314.

FREITAS, L.G. et al. **Effectiveness of different isolates of *Paecilomyces lilacinus* and an isolate of *Cylindrocarpon destructans* on the control of *Meloidogyne javanica*.** *Nematropica*, v.25, n.2, p.109-115, 1995.

GIBSON DM, DONZELLI BG, KRASNOFF SB AND KEYHANI NO. **Discovering the secondary metabolite potential encoded within entomopathogenic fungi.** *Nat Prod Rep* 31: 1287-1305, 2014.

GONÇALVES, W. **Manejo de fitonematóides em cafeeiro no estado de São Paulo.** *Proceedings XXII Congresso Brasileiro de Nematologia.* p.42-43, 2000.

INGLIS, G.D.; DUKE, G.M.; GOETTEL, M.S.; KABALUK, J.T. **Genetic diversity of *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* in southwestern British Columbia.** *Journal of Invertebrate Pathology*, San Diego, v.98, n.1, p.101-113, 2008.

ISMAN, M.B. **Plant essential oils for pest and disease management.** *Crop Protection*, 19: 603-608, 2000.

JACOBS, H.; GRAY, S. N.; CRUMP, D. H. **Interactions between nematophagous fungi and consequences for their potential as biological agents for the control of potato cyst nematodes**. *Mycological Research*, v. 107, n. 1, p. 47-56, 2003.

KERRY, B.R. **An assessment of progress toward microbial control of plant parasitic nematode**. *Journal of Nematology*, v. 22, n.45, p.621-631, 1990a. (Supplement)

KERRY, B. R. **Rhizosphere interactions and the exploitation of microbial agents for the biological control of plant-parasitic nematodes**. *Ann. Rev. Phytopathol.* 38:423–41, 2000b.

KHALDI, N.; SEIFUDDIN, F. T.; TURNER, G.; HAFT, D.; NIERMAN, W. C.; WOLFE, K. H.; FEDOROVA, N. D. SMURF. **Genomic mapping of fungal secondary metabolites clusters**. *Fungal Genetics and Biology*. v. 47, p. 736-741, 2010.

KIMPINSKI, J.; STURZ, A. V. **Managing crop root zone ecosystems for prevention of harmful and encouragement of beneficial nematodes**. *Soil and Tillage Research*, v. 72, n. 2, p. 213-221, 2003.

Kozłowska E, Dymarska M, Kostrzewa-Susłow E, Janeczko T (2019) **Cascade biotransformation of estrogens** by *Isaria fumosorosea* KCh J2. *Sci Rep* 9:1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47225-1>

Lavergne, R. A. et al. **Simultaneous cutaneous infection due to *Paecilomyces lilacinus* and *Alternaria* in a heart transplant patient**. *Transpl. Infect. Dis.* 14(6): Pág 156-160. December 2012.

LOPES, F. C. **Produção e análise de metabólitos secundários de fungos filamentosos**. 2011. 130 fl. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, 2011.

MACHADO, A, C, Z.; CASTRO, J, M, C.; **Nematoide: a praga que contamina os diferentes solos brasileiros**. *Revista Cultivar*. 27 de mar. 2017.

MARCONI, M. A. e LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MARQUES, Renata et al. **Crescimento, esporulação e viabilidade de fungos entomopatogênicos em meios contendo diferentes concentrações do óleo de Nim (*Azadirachta indica*)**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.34, n.6, p.1675-1680, nov-dez, 2004

MASCARIN, G. M.; PAULI, G. **Bioprodutos à base de fungos entomopatogênicos**. In: VENZON, M.; PAULA JÚNIOR, T. J.; PALLINI, A. (Ed.). *Controle alternativo de pragas e doenças na agricultura orgânica*. Viçosa, MG: Epamig, 2010. v. 4, p. 169-195.

MELO, R. F.; BRITO, L. T. L.; PETRERE, V. G.; ANGELOTTI, F.; MIGUEL, A. A. **Pesticidas e seus impactos no ambiente**. In: Brito, L. T. L.; Melo, R. F.; Giongo, V. *Impactos ambientais causados pela agricultura no Semiárido brasileiro*. Embrapa Semiárido: Petrolina, 2010.

MIKAMI, Y.; YAZAWA, K.; FAKUSHIMA, K.; ARAI, T.; UDAGAWA, S.; SAMSON. R. A. **Paecilotoxin production in clinical or terrestrial isolates of *Paecilomyces lilacinus* strains**. *Mycopathologia*, v.108, p.195-199, 1989.

MOENS M et al. **Meloidogyne species – a diverse group of novel and important Plant Parasites**. ©CAB International 2009. Root-knot Nematodes (eds R.N. Perry, M. Moens and J.L. Starr).

MORENO-GAVÍRA, A.; HUERTAS, V.; DIÁNEZ, F.; SÁNCHEZ-MONTESINOS, B.; SANTOS, M. **Paecilomyces and Its Importance in the Biological Control of Agricultural Pests and Diseases**. *Plants* 1746, 9, 2021.

MORI, Y.; TSUBOI, M.; MAKOTO, S.; FAKUSHIMA, K.; ARAI, T. **Structure of Leustatin A, new peptide antibiotic from *Paecilomyces lilacinus* A-267**. *Journal Chemical Society*, v.10, p. 94-96, 1982.

MUNOZ, Maria Angélica Gabriela Vera. **Eficácia de nematon e *Paecilomyces lilacinus* no desenvolvimento vegetativo da planta de arroz e manejo de *Meloidogyne graminicola* em casa de vegetação**. Guayaquil, 2014

NASCIMENTO, L; MELNYK, A. **A química dos pesticidas no meio ambiente e na saúde**. *Revista Mangai Acadêmico*, v. 1, n.1, jan/jun, 2016 – ISSN 2525-2801.

NETO, S. **Enzimas ligninolíticas produzidas por *Psilocybe castanella* CCB444 em solo contaminado com hexaclorobenzeno**. Biodiversidade vegetal e meio ambiente. Dissertação (Mestrado). Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo, 2006.

RITZINGER, C.H.S.P.; FANCELLI, M. **Manejo integrado de nematóides na cultura da bananeira**. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, SP, v. 28, n.2, p.331-338, Agosto, 2006.

ROBERTS, D.W.; KRASNOFF, S.B. **Toxinas e enzimas de fungos entomopatogênicos** In: ALVES, S. B. (Coord). *Controle Microbiano dos insetos*. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1998. cap. 32, (no prelo).

ROBL et al., **CONTROLE DE NEMATÓIDES DAS GALHAS EM PLANTAS DE TOMATE COM ISOLADOS MUTANTES DE *Paecilomyces lilacinus***. *Iniciação Científica CESUMAR* Jul./dez, v. 14, n. 2, p. 213-219, 2012.

ROBL, D. et al. **Produção de esporos em linhagens de *Paecilomyces lilacinus* (Thom.) Samson em resíduos agroindustriais**. *Revista Brasileira de Microbiologia*, v. 40, n. 2, pág. 296-300, 2009.

ROCHA, Hugo Leonardo da. **ANÁLISE DE CONTROLE QUÍMICO E BIOLÓGICO EM NEMATÓIDES NA SOJA**. 2018.

ROHRIG, Bruna. **Fungos entomopatogênicos no controle de pragas: o que são e como utilizá-los na lavoura**. Blog Aegro, 2021. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/fungos-entomopatogenicos-no-controle-de-pragas/> Acesso em: 20, dez de 2022.

SANCHES et al. **Pesticidas e seus respectivos riscos associados à contaminação da água**. *Pesticidas: R.Ecotoxicol. e Meio ambiente*, Curitiba, v. 13, p. 53-58, jan.dez/2003.

SANTIAGO ET AL, Débora Cristina Santiago. **Seleção de isolados de *Paecilomyces lilacinus* (Thom.) Samson para controle de *Meloidogyne paranaensis* em tomateiro. Seleção de isolados de *Paecilomyces lilacinus* (Thom.) Samson para**

controle de Meloidogyne paranaensis em tomateiro. 1055 Ciência Rural, v.36, n.4, jul-ago, 2006. Ciência Rural, Santa Maria, v.36, n.4, p.1055-1064, jul-ago, 2006.

SANTIN, R. C. M. **Potencial do uso dos fungos Trichoderma spp. e Paecilomyces lilacinus no controle de Meloidogyne incognita em Phaseolus vulgaris.** (Tese doutorado). Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2008.

SANTOS, J.M. dos et al. **Detection and ecology of nematophagous fungi from brazilian soils.** Nematologia Brasileira, v.15, n.2, p.121-134, 1991.

SIKORA, R. A.; FERNANDEZ, E. **Nematodes parasites of vegetables.** In: LUC, M.; SIKORA, R. A.; BRIDGE, J. (Ed.). Plant-parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. 2 ed. Wallingford: Cabi, 2005. p. 319-392.

Silva, Geisi Maria Henrique da. **Fibra da algaroba: um substrato alternativo para a produção de conídios e enzimas hidrolíticas por fungos filamentosos.** João Pessoa, 2017. 63 p.: il. Color.

SOSA-GOMEZ, D. R. **Fungos entomopatogênicos:** catálogo de isolados. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2002. 32p, v.1. (Série Documentos).

STIRLING, G.R. **Biological control of plant-parasitic nematodes.** Wallingford: CAB International, 1991. 282p.

TELES, A. C.; TAKAHASHI, J. A. **Paecilomyde, a new acetyl cholinesterase inhibitor from Paecilomyces lilacinus.** Microbiological Research, v.164, p. 204-210, 2013.

VALICENTE, F, H. **Controle biológico de pragas, doenças e plantas invasoras:** Controle biológico de pragas com entomopatógenos. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.30, n.251, p.48-55, jul./ago. 2009.

WANG, Q., XU, L. **Beauvericin, um composto bioativo produzido por fungos;** um curto Reveja. Moléculas. n.17, pág. 2367-2377, fevereiro de 2012.

ZAMBIASI, T.; BELOT, J. L. **Proteção integrada.** Revista Cultivar, p. 10, 2010. (Caderno Especial Pragas).

ZUM FELDE, A. et al. **Effect of combined inoculations of endophytic fungi on the biocontrol of Radopholus similis.** InfoMusa, v. 15, n. 1-2, p. 12-18, 2006.