

DINÂMICA VERÃO-INVVERNO DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS EM SISTEMAS AGROPECUÁRIOS DIVERSOS EM NOVA ANDRADINA

DINÂMICA VERANO-INVIerno DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS EN DIVERSOS SISTEMAS AGROPECUARIOS EN NOVA ANDRADINA

SUMMER-WINTER DYNAMICS OF ENTOMOPATHOGENIC FUNGI IN VARIOUS AGRICULTURAL SYSTEMS IN NOVA ANDRADINA

Apresentação: Comunicação Oral

Gustavo Codognotto Munari¹; Larissa Michaela Cavalcante dos Santos²; Mauro de Lima³; Grazieli Suszek de Lima⁴

DOI: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.XCOINTERPDVAgro.0179>

RESUMO

Atualmente, com a crescente demanda mundial por alimentos, mudanças climáticas, casos de resistência, isso, aliado a busca por alternativas que tornem a produção menos dependente de produtos químicos têm trazido ao campo uma visão mais ecológica e sustentável. Nesse sentido, a utilização de insumos químicos tem sido repensada com foco em diminuir os impactos que estes causam ao meio ambiente, como os pesticidas químicos que além do residual interferem também quanto a população de organismos benéficos ao sistema, como alternativa a produção de bioinsumos se insere como ferramenta crucial para alcance desse horizonte, nestes se têm uma gama de opções que podem ser utilizadas de forma simples no campo, um exemplo é o uso de fungos entomopatogênicos, como *Metarhizium anisopliae*, os quais tem sua relevância no âmbito do controle de insetos-praga, sendo passíveis de substituir uma grande parcela dos pesticidas químicos utilizados atualmente, ainda com a vantagem de não haver residual tóxico, serem altamente específicos ao alvo, possuírem a capacidade de se manter no sistema por longos períodos e não acarretam em resistência. Assim, no presente estudo objetivou-se avaliar a dinâmica verão-inverno de fungos entomopatogênicos presentes em diferentes sistemas de produção agropecuários no município de Nova Andradina (MS). Os sistemas avaliados compreenderam um sistema de pecuária, uma área de cultivo de cana de açúcar, um sistema com forrageira em pousio e uma área de mata nativa nas proximidades de um córrego. Realizou-se coletas com cilindro metálico nas áreas, para obtenção do solo, e, para coleta de fungos, utilizou-se a técnica de *Insect bait*, com larvas de *Tenebrio molitor*, após morte e multiplicação das larvas em meio de cultura realizou-se a identificação ao nível de gênero e então realizou-se o Teste Tukey com 5% de significância para avaliar a diferença estatística quanto número de larvas mortas por gêneros de fungos entomopatogênicos.

Palavras-Chave: Fungos entomopatogênicos, Pesticidas, *Metarhizium*, Agropecuária, Sustentável.

RESUMEN

1 Bacharelado em Agronomia, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul – Campus Nova Andradina, gustavomunari14@gmail.com

2 Bacharelado em Agronomia, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul – Campus Nova Andradina, larissasantos.la@outlook.com

3 Prof^o. Me. Em Docência, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul – Campus Nova Andradina, mauro.lima@ifms.edu.br

4 Prof^a. Dra. Engenharia Agrícola, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul – Campus Nova Andradina, grazieli.suszek@ifms.edu.br



Atualmente, com a crescente demanda mundial de alimentos, o mudança climática e os casos de resistência, isto, juntamente com a busca de alternativas que tornem a produção menos dependente dos produtos químicos, trouxe ao campo uma visão mais ecológica e sustentável. Neste sentido, tem-se repensado o uso de insumos químicos com o objetivo de reduzir o impacto que estes causam no meio ambiente, como os pesticidas químicos que, além de serem residuais, também interferem na população de organismos benéficos para o sistema. Como alternativa, a produção de bioinsumos apresenta-se como uma ferramenta crucial para alcançar este objetivo, pois dispõe de uma gama de opções que podem ser utilizadas de forma simples no campo. Um exemplo é o uso de fungos entomopatogênicos, como *Metarhizium anisopliae*, que são relevantes no âmbito do controle de pragas de insetos e podem substituir uma grande parte dos pesticidas químicos atualmente utilizados, com a vantagem adicional de que não deixam resíduos tóxicos, são altamente específicos para o objetivo, têm a capacidade de permanecer no sistema durante longos períodos e não provocam resistência. Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a dinâmica verão-inverno dos fungos entomopatogênicos presentes em diferentes sistemas de produção agropecuária no município de Nova Andradina (MS). Os sistemas avaliados compreendiam um sistema pecuario, uma área de cultivo de cana-de-açúcar, um sistema com forragem em barbecho e uma área de floresta nativa nas proximidades de um rio. Foram realizadas coletas com cilindro metálico nas áreas para obter o solo e, para a coleta de fungos, utilizou-se a técnica de *Insect bait*, com larvas de *Tenebrio molitor*. Após a morte e multiplicação das larvas no meio de cultivo, realizou-se a identificação no nível de gênero e, em seguida, realizou-se o teste de Tukey com 5% de significância para avaliar a diferença estatística em relação ao número de larvas mortas por gêneros de fungos entomopatogênicos.

Palavras Chave: Fungos entomopatogênicos, Pesticidas, *Metarhizium*, Agropecuária, Sustentável.

ABSTRACT

Currently, with the growing global demand for food, climate change, and cases of resistance, this, combined with the search for alternatives that make production less dependent on chemicals, has brought a more ecological and sustainable vision to the field. In this sense, the use of chemical inputs has been rethought with a focus on reducing their impact on the environment, such as chemical pesticides, which, in addition to their residual effects, also interfere with the population of organisms beneficial to the system. As an alternative, the production of bio-inputs is a crucial tool for achieving this goal. There is a range of options that can be easily used in the field, such as the use of entomopathogenic fungi, such as *Metarhizium anisopliae*, which are relevant in the control of insect pests and can replace a large portion of the chemical pesticides currently used, they also have the advantage of leaving no toxic residue, being highly specific to their target, having the ability to remain in the system for long periods, and not causing resistance. Thus, the present study aimed to evaluate the summer-winter dynamics of entomopathogenic fungi present in different agricultural production systems in the municipality of Nova Andradina (MS). The systems evaluated included a livestock system, a sugarcane cultivation area, a fallow forage system, and an area of native forest near a stream. Collections were made with a metal cylinder in the areas to obtain soil, and for the collection of fungi, the Insect bait technique was used, with *Tenebrio molitor* larvae. After the larvae died and multiplied in the culture medium, they were identified at the genus level, and then the Tukey test was performed with 5% significance to evaluate the statistical difference in the number of dead larvae per genus of entomopathogenic fungi.

Keywords: Entomopathogenic fungi, Pesticides, *Metarhizium*, Agriculture, Sustainable.

INTRODUÇÃO

Os insetos constituem importante nicho no âmbito da fitossanidade de plantas cultivadas, estes como agente causadores de danos necessitam de controle eficiente para manutenção da qualidade e rentabilidade da atividade no campo (Moretti de Souza *et al*, 2022). Assim se inserem os inseticidas, os quais contribuem com a eficácia associada ao baixo custo,



além da rápida resposta na redução populacional do inseto, no entanto, sua utilização de forma errônea tem consequências severas para o meio ambiente, para a lavoura e para quem faz seu uso, já que o uso descomedido resulta em contaminações de solo e corpos d'água, pode ocorrer a seleção de biótipos resistentes e pode comprometer a saúde de quem o utiliza (Celestino e Oliveira, 2022).

A partir disto, segundo Siqueira Santos (2021) técnicas não convencionais de controle de insetos-praga tem sido um dos vieses adotados pelos produtores para continuação da atividade, se utilizando de soluções caseiras, à exemplo, a base de fumo e sabão, repelente de cinzas, repelente de arruda, uso de barreiras físicas e armadilhas, além de outros métodos, no entanto, sendo subsidiados apenas por conhecimentos empíricos. Outra dessas técnicas citada pelo autor aborda se trata de utilizar agentes biológicos, este tipo de manejo já tem ampla importância, principalmente quando inserido em sistemas de manejo integrado de pragas (MIP), sendo associado a outros diversos mecanismos de controle.

O controle biológico, vertente do manejo integrado de pragas que insere no campo inimigos naturais de insetos, podendo ser predadores, parasitóides, patógenos ou microrganismos, realizando assim o controle destes e mantendo a produção agrícola acima do nível de dano econômico, e dentro desses organismos utilizados, se tem o uso de fungos entomopatogênicos, que podem ocorrer naturalmente e possui alta eficiência no controle de entomo-pragas, sendo uma boa opção em alternativa ao controle químico, fazendo com que a agricultura se alinhe com os conceitos de sustentabilidade e qualidade de vida (Magalhães Silva, 2021).

Entretanto, a viabilidade do uso de fungos entomopatogênicos têm uma dependência maior das condições ambientais de que os defensivos químicos, principalmente em relação a umidade e temperatura pra sobrevivência do fungo, além de aspectos como cepa do fungo e o inseto-praga à ser controlado (Pinheiro de Sousa *et al*, 2023), tipo de cultivo, espécie cultivada e até mesmo defensivos utilizados (Rocha Alves *et al*, 2025).

Dessa forma, no presente trabalho objetivou-se avaliar a variabilidade temporal de fungos entomopatogênicos em diferentes sistemas de produção agrícola, buscando-se aspectos relacionados a presença de fungos em diferentes períodos do ano.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Defensivos agrícola

As primeiras moléculas a serem utilizadas como defensivos tiveram origem como armas químicas, utilizadas na Segunda Guerra Mundial, que foram manipulados a fim de serem



utilizados no campo, sucedendo-se implementações de moléculas no mercado conforme o crescimento populacional e econômico, a agricultura tendo que se remodelar para acompanhar essa nova fase passou a se utilizar de moléculas mais eficientes para garantir melhores resultados de colheita (Silva, Torre e Matos, 2021).

Os defensivos tem sua utilização quando, após insetos, microrganismos ou plantas conseguem ultrapassar outras barreiras utilizadas para controle, sendo então o último recurso a ser empregado na lavoura para manutenção da produtividade e proteção contra o prejuízo financeiro, o problema de seu uso se insere na sua intensidade de uso, geralmente em médios e pequenos produtores, que são maiores reféns da produção agrícola da propriedade, em vista que estes, em geral, possuem menos suporte financeiro contra prejuízos, além disso, o uso de forma incorreta, seja pela dosagem, momento de aplicação, cultura ou praga, interfere na lavoura, no ambiente ao redor, na população e na própria praga, acarretando em maiores problemas (Guimarães e Machado, 2019).

Em 2019, o Brasil foi o segundo maior consumidor de fungicidas e terceiro maior de herbicidas e inseticidas. Esse uso indiscriminado dos produtos destinados ao controle de pragas resulta em graves problemas de contaminação de solo, de corpos d'água (Siqueira Santos, 2021), bem como eliminação da fauna benéfica (Silva, Torre e Matos, 2021), bioacumulação e efeito direto sobre quem tem contato com o produto, levando a problemas agudos e crônicos (Costa, Coimbra e Mota, 2024). O autor ainda complementa que para diferenciação quanto a toxicidade do produto se utiliza cinco classes, sendo obrigatórias na rotulação dos produtos (Quadro 1).

Quadro 1: Classificação de toxicidade dos defensivos agrícolas.

Classe	Toxicidade	Cor da faixa
I	Extremamente Tóxico	Vermelho
II	Altamente Tóxico	Vermelho
III	Moderadamente Tóxico	Amarelo
IV	Pouco Tóxico	Azul
V	Improvável de causar dano agudo	Azul
Não Classificado	Não Classificado	Verde

Fonte: Adaptado de Siqueira Santos, 2021

A preocupação quanto a nocividade dos pesticidas usados nas atividades agropecuárias teve início após denotar-se que, pela falta de regulamentação direcionada ao seu uso, fenômenos de resistência de pragas e doenças, bem como efeitos inesperados em plantas e animais. Assim, considerando-se os benefícios dos pesticidas comparados a sua toxicidade, muitos foram banidos, restringidos ou estão em pauta para discussão quanto a necessidade de impor uma das outras medidas citadas (Martins, 2021).



Um dos primeiros casos de suspensão de uso de defensivos se deu com o inseticida diclorodifeniltricloroetano (DDT), muito utilizado no controle do vetor da malária, ocorrido em 1972 e emitido pela United States Environmental Protection Agency (Usepa), e em 2001 seu uso foi proibido no âmbito agrícola pelos seus efeitos tóxicos e por sua bioacumulação (Martins, 2021).

No Brasil essa preocupação surgiu de forma mais tardia, em vista que na época que decorreu a suspensão de uso do DDT e a Convenção de Estocolmo (1972), que visava o meio ambiente, o país se encontrava em estágio inicial de desenvolvimento, acompanhado pelas políticas nacionais de desenvolvimento promovidas pelo regime militar vigente na época, a exemplo o Programa Nacional de Defensivos Agrícolas, que incentivou a produção de defensivos químicos no país em meio ao período que a nação despontava como crescente consumidor destes insumos. É importante ressaltar também que as medidas de banimento e restrições foram mais incisivas com a implementação da portaria n. 329 de 1985, promulgada no governo Sarney, após surgimento de novos grupos químicos, resultado da pressão sofrida por países importadores de produtos agropecuários que já restringiam o uso de alguns defensivos (Lignani e Brandão, 2022).

Agricultura Sustentável

Com o cenário mundial prevendo o aumento populacional, e consequente aumento no consumo alimentar projeta-se que a produção agrícola necessitará de um aumento estimado de 70% para suprir a demanda global de alimentos. Entretanto, no mesmo contexto, alguns fatores desfavoráveis têm ganhado maior importância nessa projeção, como por exemplo as intempéries climáticas e escassez de recursos são condições que têm estado presente nas pautas sobre a agricultura até 2050 (Massruhá *et al*, 2020).

A agricultura brasileira já passou por grandes mudanças no seu estilo de produção, ascendendo com monocultivo e revolvimento do solo, chegando à sistemas onde o solo permanece praticamente inalterado fisicamente e a rotatividade de plantas no sistema se intensifica, entretanto, com este último, veio atrelado o uso intensivo de químicos que em sua maioria são importados de países produtores que são ainda seguidos de baixa disponibilização as plantas por perdas e alta demanda energética para elaboração, tornando a atividade pouco sustentável (Gomes *et al*, 2021).

Assim, a agricultura sustentável tem como viés principal manter a produção sem agredir o meio ambiente, ou seja, o uso das próprias relações existentes na natureza é intensificado para manutenção da produção. Isso ganha ainda mais notoriedade quando inserido no escopo



econômico, já que é possível inserir os produtos oriundos desse tipo de produção em nichos específicos de consumidores que desejam alimentos mais naturais e menos danoso ao ambiente, alcançando maior valor agregado no momento da venda, tornando a lida rentável, até mais de que nos sistemas convencionais, em vista da diferenciação do produto fornecido ao consumidor (Feitosa *et al*, 2024).

Um dos meios que tem ganhado destaque para se atingir uma agricultura sustentável, atuando em conjunto com os químicos, esses usados de forma atenuada, e introduzindo de forma eficaz um manejo mais direcionado a saúde ecológica da produção, é a utilização de bioinsumos por parte dos produtores (Gouveia da Silva *et al*, 2024). Estes incluem insetos, aracnídeos, nematoides, fungos, bactérias e vírus, e têm função de desencadear uma resposta positiva no indivíduo de interesse, seja ele vegetal, animal e até nível de microrganismos, atuando em processos físicos, químicos e biológicos (Feitosa *et al*, 2024).

Os bioinsumos vieram oriundos de pesquisas acerca de controle biológico, o qual teve seu primeiro registro de uso no Brasil em 1921 com a importação de insetos parasitas, além de ganharem força no período em que o uso dos agrotóxicos foi questionado quando a segurança ambiental e sanitária, os bioinsumos também tiveram maior destaque após aprovação do Plano Nacional de Bioinsumos em 2020, que prevê não só o fortalecimento da indústria desse setor, mas também visa estabelecer parâmetros de referência quanto a eficiência e promover o uso destes no campo (Bortoloti, 2023).

Fungos Entomopatogênicos

Os fungos compõem importantes nichos na agricultura, um destes trata justamente do manejo fitossanitário de entomo-pragas, que são os fungos entomopatogênicos, os quais constituem uma estratégia eficaz para alcançar uma agricultura eficiente no âmbito ecológico, isso se deve a capacidade que estes possuem de infectar uma ampla gama de pragas (Celestino e Oliveira, 2022), ocorrem naturalmente em ambientes propícios, importante ferramenta no combate a resistência dos insetos à inseticida químicos, possuem alta especificidade ao alvo, não possuem efeito residual (Magalhães Silva, 2021).

Os estudos com fungos entomopatogênicos como método de controle de insetos no Brasil tiveram início em 1955. Seu modo de ação se dá após o esporo aderir a cutícula do hospedeiro, germinar e penetrar para o interior do inseto, lá suas hifas se desenvolvem comprometendo órgãos e músculos, levando até redução da alimentação e oviposição (Tedesco Alves, 2023).

Nesse sentido, as pesquisas concentram seu foco sobre duas ordens de fungos, a



primeira denominada Entomophthorales, a qual tem sua produção a nível industrial muito dificultosa, que compromete o uso destes no formato de produto comercial, bem como sua difusão no setor. A outra ordem é dos Hyphomycetes, que também são denominados os fungos imperfeitos, por se reproduzirem apenas assexuadamente, e que são facilmente isolados a partir de insetos infectados ou do próprio solo (Tamai *et al*, 2024).

Atualmente uma infinidade de espécies e cepas são utilizadas para controlar hemípteros, coleópteros, dípteros, lepidópteros e ortópteros, sendo mais comumente o uso de cepas de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* (Siqueira Santos, 2021).

METODOLOGIA

Para o levantamento dos dados constantes no presente estudo foram realizadas coletas em diferentes sistemas de produção, agrícola e pecuário, os quais englobaram uma área destinada a pecuária, onde estava implantada uma cultivar de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, uma área de cultivo de cana de açúcar, uma área de forrageira em pousio e uma área de mata nativa, localizada nas proximidades de um córrego.

Para coleta de fungos entomopatogênicos realizou-se duas baterias de coletas (Figura 01), uma realizada no período do verão, em dezembro de 2023, e outra realizada em junho de 2024, no período de inverno. As amostras foram compostas de 4 subamostras de solo, tomadas aleatoriamente, do horizonte-A em uma profundidade de aproximadamente 0-5 cm utilizando um cilindro metálico que foi desinfetado a cada amostragem utilizando álcool 70%. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos estéreis e mantidas dentro de isopor durante o transporte até o laboratório onde foram processadas (adaptada de Goettel e Inglis, 1997). Para o isolamento dos fungos entomopatogênicos do solo se utilizou da técnica *Insect bait* com larvas de *Tenebrio molitor* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Tenebrionidae), conforme descrito a seguir. Amostras compostas de solo foram homogeneizadas manualmente para quebrar possíveis torrões, posteriormente, cerca de 80 g foram transferidas para potes plásticos transparentes de 140 mL, deixando um espaço livre até a tampa, cerca de 2 cm para permitir ventilação (adaptado de Medo e Cagán, 2011). Em seguida, 10 larvas de *T. molitor* entre o 3º e 4º ínstar foram transferidas para cada pote contendo amostras de solo. Os potes permaneceram armazenados em bancada no laboratório a $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e 12 horas de luz e invertidos diariamente durante os primeiros cinco dias para induzir o movimento das larvas e aumentar a chance de contato com os fungos (*Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*). O solo foi umedecido sempre que necessário. A partir do 5º dia foram realizadas as inspeções das larvas mortas, sendo este procedimento realizado a cada três dias por um período de 10 dias.



Figura 01: Materiais de coleta de solo em campo.



Fonte: Própria, 2024.

As larvas mortas foram removidas, esterilizadas superficialmente em álcool 70% por 1 minuto e, então, imersas em água destilada estéril três vezes. Posteriormente, colocadas em câmara úmida por 10 dias para confirmação da mortalidade pelo patógeno. Após este período, as larvas com sinais característicos de fungos entomopatogênicos, com auxílio de uma alça de platina, pequenas quantidades dos conídios foram transferidas para o meio de cultura BDA Difco + 5 g.L⁻¹ de Pentabiótico, para isolamento e posterior purificação dos isolados.

Figura 02: Larva morta separada para crescimento fúngico.





Fonte: Própria, 2024.

Figura 03: Fungos isolados em meio de cultura.



Fonte: Própria, 2024.

Então realizou-se a identificação a nível de gênero foi realizada baseada nas características microscópicas e macroscópicas utilizando a chave taxonômica proposta por Humber (2012). A partir disso identificou-se as larvas mortas por um mesmo gênero de fungo entomopatogênico e então realizou-se teste Tukey à 5% de significância para avaliar a presença de diferença significativa quanto a quantidade de morte larval por fungo entomopatogênico.



Também se realizou o levantamento de dados meteorológicos nos períodos de coleta das amostras através do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), abordando os aspectos de pluviosidade mensal e temperaturas médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No experimento, observou-se a ausência de diferença estatística entre os períodos de verão e inverno, bem como também não decorreu entre os sistemas avaliados, com exceção da mata nativa, como apresentado na Tabela 01. Ademais, foi identificado apenas um gênero de fungo entomopatogênico, sendo esse o gênero *Metarhizium*.

Tabela 01: Morte Larval por Metarhizium ao Teste Tukey à 5%.

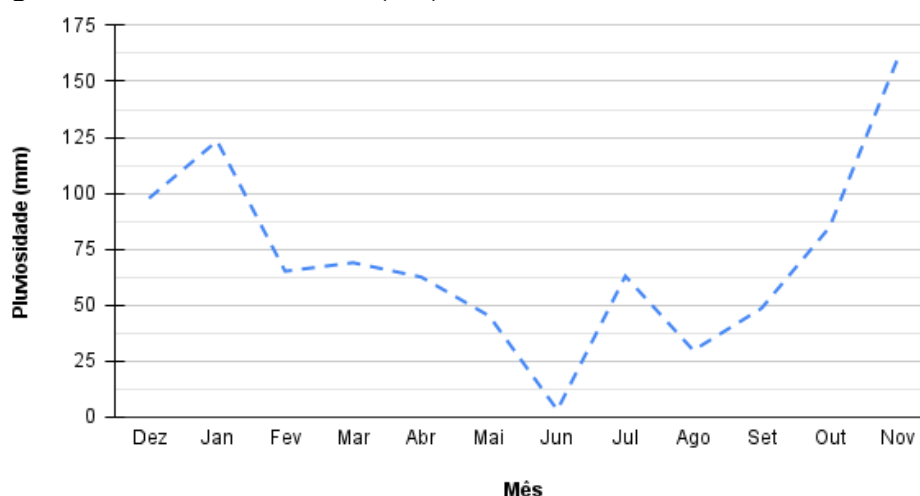
Sistema	Verão	Inverno
Mata Nativa	1,3Ba	5,7Aa
Forrageira em Pousio	2Aa	0Ab
Cultivo de Cana de Açúcar	2,3Aa	0Ab
Pecuária Bovina	1,3Aa	0,7Ab

Legenda: letras maiúsculas iguais na mesma linha indicam ausência de diferença estatística. Letras minúsculas na mesma coluna indicam ausência de diferença estatística. **Fonte:** Própria, 2024.

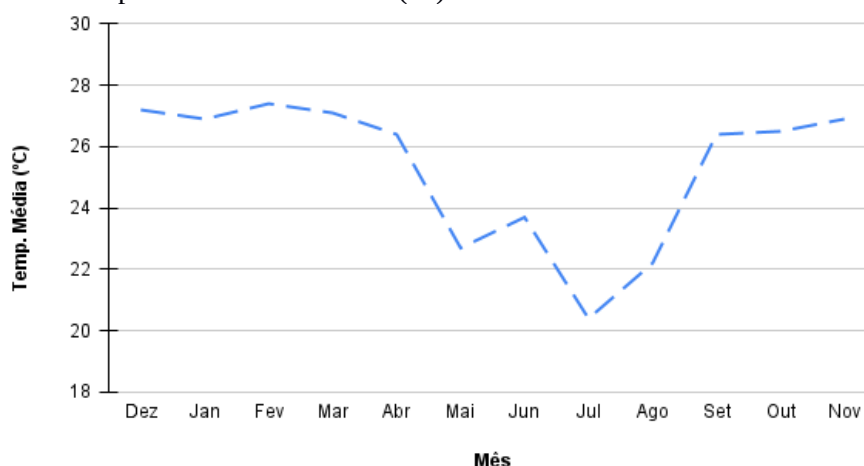
Os sistemas agropecuários de forrageira em pousio, de cana de açúcar e de pecuária bovina estudados podem ter apresentado diferença numérica entre os períodos de verão e inverno em função da temperatura no período de coleta, aspecto também relatado por Oliveira (2016).

Quanto aos aspectos climáticos, observou-se maior precipitação nos meses de dezembro, janeiro, outubro e novembro, enquanto que a menor porcentagem de pluviosidade foi denotada nos meses de maio, junho e julho (figura 04). Quanto a temperatura, observou-se que as temperaturas seguiram um padrão similar, sendo os meses de dezembro à abril e setembro à novembro com maiores médias, enquanto os meses de maio à agosto, decorreu as menores temperaturas médias (figura 05).



Figura 04: Pluviosidade Mensal (mm) de dezembro de 2023 à novembro de 2024.

Fonte: Adaptado de Inmet, 2025.

Figura 05: Temperatura Média Mensal (°C) de dezembro de 2023 à novembro de 2024.

Fonte: Adaptado de Inmet, 2025.

Além disso, o tipo de cobertura presente pode ter influenciado no ambiente de desenvolvimento do fungo, seguindo uma lógica apresentada por Mesquita da Silva *et al.* (2019) em um estudo realizado no Rio de Janeiro (RJ) onde foi avaliado a persistência ambiental de isolados de *Metarhizium* para controle de *Rhipicephalus microplus*, e exposto que em zonas de menor cobertura vegetal acarreta em maior acúmulo de calor e maior incidência de raios ultra-violetas (UV), comprometendo o desenvolvimento fúngico. O autor também aborda que no período de inverno decorreu maior incidência de fungos no experimento realizado, principalmente em função das temperaturas amenas e umidade relativa do ar maior, o que difere do presente estudo, onde no período do inverno onde se foi realizado a coleta denotou-se um mês de baixíssima pluviosidade, com exceção dos isolados obtidos da mata



nativa, a qual era próxima de um corpo d'água.

Vargas *et al.* (2020) ao avaliar a biomassa microbina em plantações de diferentes genótipos de *Eucalyptus grandis*, submetidos ou não ao desbaste, descreveu que no verão a tendência é que a microbiota seja mais ativa e abundante, em vista da temperatura e pluviosidade principalmente, além de se observar teores de matéria orgânica de maior degradabilidade mais elevados.

Em um estudo de Borges Junior *et al.* (2024), foi exposto que alguns biótipos de fungos tendem a serem mais suscetíveis a temperaturas elevadas, apresentando redução da viabilidade em temperaturas entre de 35 °C e 45 °C, além disso, a utilização de alguns inseticidas utilizados no cultivo de cana de açúcar, como tiametoxam, podem acarretar em diminuição da eficácia biológica dos fungos. Alguns ingredientes ativos ou formulações em determinadas doses acarretam em alterações na síntese de toxinas ou enzimas, reduzem o crescimento micelial e esporulação do fungo, esses processos requerem uma alta demanda energética para adaptação assim o fungo concentra suas reservas para a degradação de moléculas químicas.

Quanto ao ambiente, os fungos demonstraram semelhanças quanto so sistemas de manejo, muito provavelmente pelo sistema ser composto por gramíneas. Segundo Mesquita (2023), algumas espécies de fungos do gênero *metarhizium* têm a capacidade de realizar associação com a rizosfera de algumas culturas, como cana de açúcar, tomate, morango, capim e soja, ao invés da matriz do solo, no entanto os estudos sobre esse comportamento são escassos e incipientes no Brasil.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados denota-se que, por mais que não tenha ocorrido diferença estatística entre os sistemas de produção, ainda há tendência de haver diferença entre os mesmos em diferentes épocas do ano.

Dessa forma, recomenda-se a realização de mais estudos voltados a esse tipo de microrganismos com âmbito de avaliar áreas com diferentes sistemas em diferentes períodos do ano a fim de concluir quanto a dinâmica destes.

REFERÊNCIAS

BORGES JUNIOR, Moacir Ferreira *et al.* COMPATIBILIDADE DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS COM INSETICIDAS QUÍMICOS UTILIZADOS NO MANEJO INTEGRADO EM CANA-DE-AÇÚCAR. 2024. Dissertação. Instituto Federal Goiano. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/5506>. Acesso em: 04 ago. 2025.



BORTOLOTTI, Gillyene. Características da inserção dos bioinsumos para controle biológico no mercado fitossanitário brasileiro. 2023. Dissertação. Instituto Biológico. Disponível em: <http://repositoriobiologico.com.br/jspui/handle/123456789/35/browse?type=author&order=ASC&rpp=20&value=Sampaio%2C+Renata+Martins>. Acesso em: 03 ago. 2025.

CELESTINO, Matheus Felipe; OLIVEIRA, João Arthur dos Santos. Métodos de encapsulamento de fungos entomopatogênicos para sua aplicação sem controle biológico. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 11, n. 16, pág. e123111638031-e123111638031, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/38031>. Acesso em: 21 jul. 2025.

COSTA, Ludyane Nascimento; COIMBRA, Afonso Henrique Tito; MOTA, Guilherme Sousa. Avaliação da toxicidade de defensivos agrícolas usados nas lavouras de Grajaú-MA e seus efeitos ao meio ambiente. **Revista Sociedade Científica**, v. 7, n. 1, p. 5267-5278, 2024. Disponível em: <https://journal.scientificsociety.net/index.php/sobre/article/view/814>. Acesso em: 20 jul. 2025.

FEITOSA, Patrícia Marques *et al.* Potencial do uso de extratos de algas na agricultura sustentável. **Manejo fisiológico e nutricional de plantas: Abordagens práticas na agricultura**, v. 2, p. 78-98, 2024. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/240616886.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2025.

GOETTEL, M. and INGLIS, G. (1997) Fungi: Hyphomycetes. In: Lacey, L.A., Ed., *Manual of Techniques in Insect Pathology*, Academic Press, London, 213-249.

GOMES, João Paulo Andrade *et al.* Uso de microrganismos eficientes como alternativa para agricultura sustentável: um referencial teórico. **Agroecologia: Métodos e Técnicas para uma Agricultura Sustentável**, v. 5, p. 340-355, 2021. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/210604968.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2025.

GOUVEIA DA SILVA, ANDRÉ FELIPE *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. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/mirante/article/view/16196>. Acesso em: 29 jul. 2025.

GUIMARÃES, Bruna Borges; MACHADO, Línia Dayana Lopes. NO BRASIL: ANÁLISE DOS RISCOS PRODUZIDOS PARA A SAÚDE HUMANA E AMBIENTAL. In: **II CODAD**. 2019, p. 46-49. Disponível em: <https://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/ANAIIS%20II%20CODAD%20-%20PDF.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2025.

LIGNANI, Leonardo de Bem; BRANDÃO, Júlia Lima Gorges. A ditadura dos agrotóxicos: o Programa Nacional de Defensivos Agrícolas e as mudanças na produção e no consumo de pesticidas no Brasil, 1975-1985. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 29, n. 2, p. 337-359, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hcsm/a/5H6kY84N7SqzwwrLps45gPw/>. Acesso em: 21 jul. 2025.

MAGALHÃES SILVA, Natany Brunelli. MORTALIDADE DE *Plutella xylostella* (LEPIDOPTERA) POR FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS INOCULADOS POR VIA ENDÓFITICA. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de São João Del



Rei. Disponível em: <https://www.ufsj.edu.br/cobit/6.tcc.php>. Acesso em: 23 jul. 2025.

MARTINS, Michelle Márcia Viana. Dilemas no uso de defensivos agrícolas: diferenças nas práticas e políticas ligadas aos limites máximos de resíduos. 2021. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/items/b277c00e-5ca4-4ef0-8f0b-6677bd6b6a3d>. Acesso em: 20 jul. 2025.

MASSRUHÁ, Silvia Maria Fonseca Silveira *et al.* A transformação digital no campo rumo à agricultura sustentável e inteligente. **Agricultura Digital**, p. 20, 2020. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/343461177.pdf>. Acesso em 28 jul. 2025.

MEDO, J e CAGÁN, L 2011. Factor affecting the occurrence of entomopathogenic fungi in soils of Slovakia as revealed using two methods. *Biological Control*, 59: 200-208.

MESQUITA, Emily *et al.* Utilização de *Metarhizium* como agente de biocontrole de insetos e bioinoculante de plantas, com referência especial ao Brasil. **Frontiers in Fungal Biology**, v. 4, p. 1276287, 2023. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/fungal-biology/articles/10.3389/ffunb.2023.1276287/full>. Acesso em: 03 ago. 2025.

MESQUITA DA SILVA, Emily *et al.* Peristência ambiental de um isolado nativo de *Metarhizium* e eficiência no controle de *Rhipicephalus microplus* em condições de semi-campo. 2019. Dissertação. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://tede.ufrj.br/jspui/handle/jspui/5086#preview-link0>. Acesso em: 03 ago. 2025.

MORETTI DE SOUZA, Francis *et al.* Fungos entomopatônicos associados ao controle da mosca-branca: Uma revisão. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 11, n. 11, pág. e252111133536-e252111133536, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/33536>. Acesso em: 23 jul. 2025.

OLIVEIRA, Manuela Teodoro de *et al.* Sensibilidade de isolados de fungos entomopatogênicos às radiações solar, ultravioleta e à temperatura. **Arquivos do Instituto biológico**, v. 83, n. 00, p. e0042014, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aib/a/GXvkXp4dPXjpvpfW5w6q9mR/?lang=pt>. Acesso em: 04 ago. 2025.

PINHEIRO DE 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. Disponível em: <https://revistas.faculdadefacit.edu.br/index.php/JNT/article/view/2503/0>. Acesso em: 20 jul. 2025.

ROCHA ALVES, Julie Erica da *et al.* SAFs e fungos entomopatogênicos: um olhar sobre a diversidade e o potencial de controle biológico. **Cadernos de Agroecologia**, v. 20, n. 1, 2025. Disponível em: <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/10355>. Acesso em: 19 jul. 2021.

SILVA, Renan do Carmo Marinho; TORRE, Priscila Aparecida Della; MATOS, Janara de Camargo. O uso incorreto do inseticida fipronil e sua influência na morte das abelhas no sul do Brasil. **Revista Processando o Saber**, v. 13, p. 93-110, 2021. Disponível em: <https://www.fatecpg.edu.br/revista/index.php/ps/article/view/154>. Acesso em: 20 jul. 2025.



SIQUEIRA SANTOS, Letícia Cristine de. POTENCIAL DE FUNGOS ENTOMATOPOGÊNICOS ENDOFÍTICOS NO CONTROLE BIOLÓGICO DE INSETOS-PRAGA. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de São João Del Rei. Disponível em: <https://www.ufsj.edu.br/cobit/6.tcc.php>. Acesso em: 23 jul. 2025.

TAMAI, M. A. *et al.* Avaliação de fungos entomopatogênicos para o controle de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 69, p. 77-84, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aib/a/W9xCZF5LKbKXvyQT85jrNsg/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 03 ago. 2025.

TEDESCO ALVES, Schanadu. **Fungos entomopatogênicos para o controle de pragas na soja: uma revisão sistemática**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/33308>. Acesso em: 21 jul. 2025.

VARGAS, Giovanni Radel *et al.* Atributos químicos e microbiológicos do solo em plantios clonais de eucalipto. **Nativa**, v. 8, n. 2, 2020. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/7860>. Acesso em: 01 ago. 2025.

