



UFC

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

ANTONIO DANILO SOUSA DA CRUZ

**USO DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS NO MANEJO DE ÁCAROS-PRAGA
DE IMPORTÂNCIA AGRÍCOLA NA FRUTICULTURA: UMA REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA**

FORTALEZA

2025

ANTONIO DANILO SOUSA DA CRUZ

USO DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS NO MANEJO DE ÁCAROS-PRAGA DE
IMPORTÂNCIA AGRÍCOLA NA FRUTICULTURA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Trabalho de conclusão de curso em Agronomia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof.^a Dra. Érica Costa Calvet.

Coorientador: Prof. Dr. Márcio Cléber de Medeiros Correa.

FORTALEZA

2025

ANTONIO DANILO SOUSA DA CRUZ

USO DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS NO MANEJO DE ÁCAROS-PRAGA
DE IMPORTÂNCIA AGRÍCOLA NA FRUTICULTURA: UMA REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA

Trabalho de conclusão de curso em Agronomia
da Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial à obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.
Orientador: Prof.^a Dra. Érica Costa Calvet.
Coorientador: Prof. Dr. Márcio Cléber de
Medeiros Correa.

Aprovada em: 16/01/2026.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dra. Érica Costa Calvet (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Lídia Rafele Almeida da Silva
Pesquisadora na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Eng. Agrônomo Paulo Marcelo de Sousa Queiroz
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Raimundo Alves da Cruz (*in
memoriam*) e Francisca de Sousa Rodrigues
Cruz.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho e a conclusão desta etapa não seriam possíveis sem o apoio de pessoas essenciais que cruzaram o meu caminho.

Primeiramente, expresso minha profunda gratidão à minha orientadora, Prof.^a Érica Calvet. Obrigado pela confiança, pela paciência na condução deste trabalho e por compartilhar seu conhecimento com tanta generosidade. Sua orientação foi um farol nesta jornada acadêmica.

Agradeço aos membros da banca examinadora, Dra. Lídia Rafaela Almeida da Silva, Eng. Agrônomo Paulo Marcelo de Sousa Queiroz e Dr. Adson Ávila de Souza, pela disponibilidade em ler este trabalho e pelas valiosas contribuições que certamente enriqueceram o resultado final.

Presto uma homenagem especial e saudosa, *in memoriam*, ao Professor Márcio Cléber. Sua presença foi fundamental na minha graduação; seus ensinamentos e sua paixão pela docência deixaram marcas indelévels na minha formação e no meu caráter. Onde quer que esteja, saiba que esta conquista também tem a sua assinatura.

À minha base, minha família, pelo amor incondicional. Minha eterna gratidão à minha mãe, Neide, meu porto seguro, exemplo de força e minha maior incentivadora. Ao meu pai, Raimundo Nel (*in memoriam*), que, embora não esteja fisicamente presente para celebrar este momento, guia meus passos e vive em meu coração e em cada vitória minha.

Um carinho mais que especial dedico aos meus sobrinhos e sobrinhas, que são a alegria dos meus dias e a renovação da minha esperança: Andreza, Luiz Fernando, Kaylane, Days, Kauane, Cecilia, Vitoria, Lorena, Sara, Levi Gael, Antony Gabriel e Laura. Vocês são muito importantes para mim e me inspiram a buscar ser um exemplo melhor a cada dia.

Aos meus "irmãos de vida", Guilherme, Milton e Sávio. Vocês estiveram presentes desde o início desta caminhada, dividindo angústias e celebrando pequenas vitórias. Obrigado pela amizade leal que o tempo e a graduação só fortaleceram.

Aos amigos Ray, Juan, Ronald, Felipe Gonçalves, Sinara, Laylton e Ana Bea, pela parceria e pelos momentos de descontração. Estendo minha gratidão a todos os membros que passaram pelo GFRUT, e aos professores Adriana Guirado e Antônio João; a troca de

experiências e o aprendizado conjunto com vocês foram importantíssimos para o meu crescimento profissional.

Um agradecimento cheio de afeto à minha família de coração em Fortaleza: meus amigos e colegas da Residência Universitária. Em especial a Alice, Joana, Kimberly, Vinicius, Juliana, Vanessa, Gleice, Amélia, Raylane, Davi, Aucilene, Hilane, Bibi, Gilvan. Obrigado pelo acolhimento, pela convivência diária e por terem sido meu lar longe de casa durante toda a minha moradia.

Aos grandes amigos que a graduação me proporcionou conhecer e que levarei para a vida: Bruna Monteiro, Pedro gabriel, Isadora Falcão, Debora Ramos, Vinicius Braga, Larissa Echiley, Ruth e Raquel, Arthur Lima, Nayla, Kessia, Juliane, Karolyne, Gabriel Ribeiro, Tiffany, Gabriel José, João felipe, Caroline e tantos outros que marcaram minha trajetória acadêmica. Cada conversa, cada estudo em grupo e cada momento compartilhado tornou essa caminhada mais leve.

Por fim, agradeço àquelas pessoas especiais que o destino colocou em meu caminho através de amigos e que, com carinho, torceram genuinamente pela minha conquista: minha amiga Lara Vittória, Bianca, a minha Professora do ensino médio Pauline de Paula, a Vitória Sales, a Sara e o Gustavo (primos da Alice), a Polyana e a Iasmim (amiga da Kim). A energia positiva de vocês foi fundamental.

A todos, meu muito obrigado!

“Depois do medo vem o mundo.” (Clarice Lispector, *Uma aprendizagem ou O livro dos prazeres*. Rio de Janeiro: Rocco, 1998).

“E não há melhor resposta que o espetáculo da vida: vê-la desfiar seu fio, que também se chama vida, ver a fábrica que ela mesma, teimosamente, se fabrica, vê-la brotar como há pouco em nova vida explodida; mesmo quando é assim pequena a explosão, como a ocorrida; mesmo quando é uma explosão como a de há pouco, franzina; mesmo quando a explosão de uma vida severina.” (João Cabral de Melo Neto, *Morte e Vida Severina*. Rio de Janeiro: Alfaguara, 2007).

RESUMO

A fruticultura enfrenta constantes desafios fitossanitários devido à incidência de ácaros-praga, o que tem impulsionado o crescimento do controle biológico como uma alternativa sustentável ao uso intensivo de defensivos químicos. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo reunir e analisar informações sobre o uso de fungos entomopatogênicos como agentes de controle desses ácaros em culturas frutíferas, destacando os principais gêneros, a eficiência relatada e as lacunas de pesquisa. A metodologia adotada constituiu-se de uma Revisão Bibliográfica Orientada, de abordagem quali-quantitativa, realizada através de buscas nas bases de dados Google Acadêmico, SciELO e Periódicos CAPES, no período de 2008 a 2025. Após a aplicação de critérios de seleção em um universo inicial de 1.560 publicações, foram analisados 16 estudos relevantes para a cadeia produtiva da fruticultura. Os resultados demonstraram a predominância dos gêneros *Beauveria* e *Metarhizium*, que somam mais de 60% das pesquisas, seguidos pelo gênero *Cordyceps* com 17.6%. A análise evidenciou taxas de mortalidade superiores a 90% em laboratório, contrastando com a variabilidade de eficiência em campo devido à sensibilidade dos fungos a fatores abióticos. Observou-se ainda que a associação de fungos com acaricidas químicos pode promover sinergismo, enquanto a mistura entre diferentes espécies fúngicas tende ao antagonismo. Sendo assim, o uso de fungos entomopatogênicos se configura como uma estratégia eficaz no controle de ácaros-pragas em frutíferas, contudo são necessários maiores avanços nas tecnologias de formulação e na seleção de isolados específicos para garantir sua viabilidade técnica no Manejo Integrado das culturas.

Palavras-chave: controle biológico; *Beauveria bassiana*; bioacaricidas; manejo integrado de pragas (MIP).

ABSTRACT

Fruit cultivation faces constant phytosanitary challenges due to the incidence of pest mites, which has driven the growth of biological control as a sustainable alternative to the intensive use of chemical pesticides. In this context, this study aimed to gather and analyze information on the use of entomopathogenic fungi as control agents for these mites in fruit crops, highlighting the main genera, reported efficiency, and research gaps. The methodology adopted consisted of a Guided Literature Review, with a qualitative-quantitative approach, carried out through searches in the Google Scholar, SciELO, and CAPES Periodicals databases, spanning the period from 2008 to 2025. After applying selection criteria to an initial pool of 1,560 publications, 16 studies relevant to the fruit production chain were analyzed. The results demonstrated the predominance of the genera *Beauveria* and *Metarhizium*, which account for over 60% of the research, followed by the genus *Cordyceps* with 17.6%. The analysis evidenced mortality rates exceeding 90% in the laboratory, contrasting with the variability of efficiency in the field due to the fungi's sensitivity to abiotic factors. It was also observed that the association of fungi with chemical acaricides can promote synergism, while the mixture between different fungal species tends towards antagonism. Thus, the use of entomopathogenic fungi constitutes an effective strategy for controlling pest mites in fruit crops; however, greater advances in formulation technologies and the selection of specific isolates are needed to ensure their technical viability in Integrated Pest Management.

Keywords: biological control; *Beauveria bassiana*; bioacaricides; integrated pest management (IPM).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Fluxograma das etapas aplicadas na elaboração da revisão bibliográfica.	33
Figura 2- Distribuição geográfica mundial dos estudos analisados.	42
Figura 3 - Distribuição dos estudos revisados nos estados brasileiros.	43

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 - Distribuição temporal das publicações utilizadas na revisão bibliográfica. 41
- Gráfico 2 - Gêneros de fungos entomopatogênicos mais utilizados nos trabalhos analisados 44
- Gráfico 3 - Eficiência (%) das associações entre fungos entomopatogênicos e outros agentes.
58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Critérios de inclusão e exclusão dos estudos analisados.	36
Tabela 2 - Síntese dos motivos de exclusão dos artigos analisados.	40
Tabela 3 - Condições metodológicas dos Experimentos	46
Tabela 4 - Detalhamento dos dados sobre a eficiência individual dos fungos usados no controle de ácaros.	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBRAF	Instituto Brasileiro de Frutas
ABRAFRUTAS	Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frutas
MIP	Manejo Integrado de Pragas
SciELO	Scientific Electronic Library Online
MEC	Ministério da Educação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVO GERAL	16
2.1 Objetivos específicos	16
3 REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1 Panorama da Fruticultura e a Problemática dos Ácaros	17
3.2 Principais Ácaros-Praga em Sistemas Frutícolas	18
3.2.1 Família Tetranychidae	20
3.2.2 Família Tarsonemidae	21
3.2.3 Família Tenuipalpidae	23
3.2.4 Superfamília Eriophyoidea	24
3.3 Métodos Convencionais de Controle e Limitações	25
3.4 Fundamentos dos Fungos Entomopatogênicos	27
3.4.1 Conceito, Modo de Ação e Ciclo de Infecção	28
3.4.2 Fatores Ambientais e Evidências Científicas do Controle Fúngico de Ácaros	29
3.5 Desafios e lacunas científicas	31
3.6 Perspectivas futuras	32
4 METODOLOGIA	33
4.1 Tipo de estudo e abordagem	33
4.2 Estratégia de busca	34
4.3 Critérios de seleção	35
4.4 Extração e análise dos dados	37
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1 Análise Quantitativa e Critérios de Triagem dos Trabalhos	38
5.2. Distribuição Temporal e Espacial das Publicações	40
5.3 Principais Gêneros Fúngicos Aplicados no Controle de Ácaros	44
5.4. Caracterização dos Ambientes Experimentais e Metodologias de Aplicação	45
5.4.1. Tecnologias de Aplicação e Formulações	52
5.4.2. Transição do Laboratório para o Campo	53
5.5 Análise de Desempenho: Eficiência Individual e Estratégias de Associação	53
5.5.1. Eficiência Individual dos Agentes Fúngicos	53
5.5.2. Estratégias de Associação: Sinergismo e Antagonismo	57
5.6. Principais Lacunas Científicas e Desafios Tecnológicos	59
5.6.1. A Necessidade de Validação em Escala de Campo	59
5.6.2. Tecnologia de Formulação e Adjuvantes	59
5.6.3. Interações no Manejo Integrado (Compatibilidade)	60
5.6.4. Qualidade do Inóculo e Seleção de Linhagens	60
5.7. Síntese Metodológica e Caracterização Geral dos Estudos	61
CONCLUSÃO	67
REFERÊNCIAS	68

1 INTRODUÇÃO

A fruticultura é uma atividade agrícola que exige um manejo fitossanitário rigoroso, especialmente devido à incidência de ácaros-praga que comprometem a sua produtividade. Nos últimos anos, tem-se observado um crescimento significativo na utilização de agentes de controle biológico no manejo de pragas em diferentes culturas (Shi & Feng, 2006; Puspitarini et al., 2021). O controle biológico, definido como a regulação populacional através de inimigos naturais ou produtos derivados tem se mostrado como uma alternativa viável ao uso indiscriminado dos agrotóxicos (Alves, 1992; Headrick & Goeden, 2001; Inglis et al., 2001, Embrapa, 2006).

Verificou-se, ainda, um aumento na taxa média de adoção desses insumos por área cultivada, que passou de 22% na safra 2022/2023 para 23% na safra 2023/2024, abrangendo todos os segmentos avaliados. De forma específica, a adoção de biofungicidas aumentou de 11% para 12%, a de bioinseticidas de 19% para 21%, a de bionematicidas de 24% para 25%, a de bioinoculantes de 61% para 63% e a de solubilizadores de nutrientes de 3% para 4% nos principais cultivos agrícolas (Croplife Brasil, 2023).

Entre as culturas analisadas, destacam-se os bionematicidas utilizados no algodão e na soja; os bioinseticidas aplicados na cana-de-açúcar e no milho; os biofungicidas empregados na soja e no milho; além do uso expressivo de bionematicidas e biofungicidas em hortifrutícolas. Ademais, projeções indicam que o mercado de produtos biológicos no Brasil possui potencial de expansão significativa, podendo atingir R\$16,9 bilhões até o ano de 2030 (Embrapa, 2022).

Dentre os fungos com maior destaque no setor agrícola brasileiro estão o *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae, Sorokin 1883) e a *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Cordycipitaceae, Vuillemin 1912) (Immediato et al., 2017). Além destes, o gênero *Cordyceps* sp. tem se mostrado promissor, sobretudo no controle do ácaro-rajado *Tetranychus urticae* Koch (Trombidiformes: Tetranychidae) (Shi & Feng, 2004; Graff et al., 2017). Estudos demonstram que uma gama de fungos, incluindo *C. fumosorosea* e *C. cateniannulata*, podem causar altas taxas de mortalidade em *T. urticae* (Shi et al., 2008; Wu et al., 2016a, b; Zhang et al., 2018). Os estudos com a utilização de fungos entomopatogênicos no manejo de ácaros tem se consolidado como uma estratégia amplamente difundida, apresentando elevados índices de eficácia no controle dessas populações (Tamai et al., 1999;

Tamai et al., 2002; Oliveira et al., 2004).No entanto, a aplicação em larga escala ainda é limitada pela inconsistência do desempenho sob fatores abióticos como temperatura, umidade e radiação ultravioleta (UV), que podem reduzir a viabilidade conidial e a taxa de crescimento (Immediato et al., 2017). Alternativas para mitigar esses efeitos incluem tecnologias de formulação (Kim et al., 2010), a associação com extratos vegetais (Marques et al., 2004) ou o uso combinado com defensivos químicos compatíveis (Dalzoto & Uhry, 2009).

O presente trabalho caracteriza-se como uma Revisão Bibliográfica Orientada, conduzida sob uma abordagem quali-quantitativa. Essa modalidade de estudo busca reunir e interpretar o conhecimento científico já produzido sobre determinado tema, permitindo identificar tendências, padrões e lacunas de investigação. A escolha por esse tipo de revisão se justifica pela necessidade de sintetizar, de forma estruturada e crítica, os avanços científicos relacionados ao uso de fungos entomopatogênicos no manejo de ácaros-praga de importância para a fruticultura. A combinação das abordagens qualitativa e quantitativa possibilitou tanto uma análise interpretativa das evidências quanto a quantificação de variáveis, como frequência de espécies estudadas, culturas abordadas e níveis de eficiência observados.

2 OBJETIVO GERAL

Reunir informações sobre o uso de fungos entomopatogênicos como agentes de controle biológico de ácaros-praga em culturas frutíferas, destacando os principais gêneros utilizados, sua eficiência relatada e as lacunas de pesquisa existentes na área.

2.1 Objetivos específicos

- Identificar os principais gêneros e espécies de fungos entomopatogênicos com potencial de manejos no controle de ácaros-pragas de importância agrícola;
- Identificar/descrever o modo de ação desses fungos entomopatogênicos;
- Analisar os métodos de aplicação e condições de eficiência relatados nos estudos;
- Apontar as limitações e lacunas de pesquisa no uso desses agentes de controle biológico.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Panorama da Fruticultura e a Problemática dos Açúcares

A indústria global de frutas desempenha uma função essencial na produção agrícola mundial, sendo vital para a segurança alimentar e nutricional (Ribeiro, 2023). A ingestão de frutas é fundamental para uma dieta balanceada, dado o seu alto teor de fibras, minerais, vitaminas e compostos antioxidantes, os quais atuam na prevenção de patologias crônicas, como neoplasias e enfermidades cardiovasculares (Vasylieva; Harvey, 2021).

Nesse cenário internacional, o Brasil se destaca por suas vantagens comparativas, como a vasta extensão territorial, disponibilidade de água para irrigação, oferta de mão de obra e condições edafoclimáticas favoráveis (Silva et al., 2013). Tais características posicionam o país como o terceiro maior produtor mundial de frutas, atrás apenas da China e da Índia. Em 2021, por exemplo, a produção nacional alcançou cerca de 40 milhões de toneladas em uma área de 2,5 milhões de hectares (FAO, 2021). Historicamente, dados do Instituto Brasileiro de Frutas IBRAF (2007) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE (2021) já apontavam volumes superiores a 40 milhões de toneladas anuais, consolidando a estabilidade produtiva do setor.

A fruticultura nacional não é apenas expressiva em volume, mas também um motor socioeconômico. A atividade possui um elevado efeito multiplicador de renda, capaz de dinamizar economias locais e promover o desenvolvimento rural (Buainain; Batalha, 2007). Essa crescente expansão da fruticultura nacional fundamenta-se na sua elevada eficiência produtiva em áreas reduzidas, consolidando-se como uma prática estratégica de geração de renda complementar para pequenos produtores (Lara et al., 2021).

Apesar do grande volume produzido, o mercado interno consome a maior parte dessa produção. Historicamente, o Brasil participa com uma parcela pequena, cerca de 2%, do comércio global do setor (Anuário Brasileiro de Fruticultura, 2010). No entanto, avanços na gestão, modernização e adoção de tecnologias de baixo impacto ambiental têm permitido a expansão da fruticultura, inclusive de clima temperado, visando atender tanto às exigências do consumidor brasileiro quanto transpor barreiras fitossanitárias externas (Fachinello et al., 2011).

Em termos de comércio exterior, o setor vem apresentando resultados robustos. Em 2021, o Brasil figurou entre os 10 maiores exportadores, atingindo a marca de 1,24 milhão de toneladas e faturamento de US\$1 bilhão, um crescimento expressivo em relação ao ano anterior (Duffles, 2022). Dados mais recentes da Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frutas (ABRAFRUTAS) confirmam essa tendência positiva: no primeiro trimestre de 2025, as exportações somaram aproximadamente US\$280 milhões (ABRAFRUTAS, 2025). Destacaram-se culturas como melão, melancia e limão, impulsionadas pela demanda internacional e condições climáticas favoráveis. Por outro lado, frutas como manga e uva apresentaram retração nas exportações devido ao mercado interno aquecido (ABRAFRUTAS, 2025).

Diante desta realidade, a produtividade e a exportação enfrentam desafios significativos no campo fitossanitário. Dentre os organismos que compõem a mesofauna do solo e dos agroecossistemas, os ácaros são os mais abundantes e sua importância econômica é crescente devido ao impacto causado por sua alimentação em diferentes cultivos (Crossley et al., 1992 apud Mineiro; Moraes, 2002). Yaninek e Moraes (1991) apontam que, das seis culturas agrícolas mundiais com maior número de ácaros-praga associados, quatro são frutíferas (citros, uva, maçã e melão). Nos Estados Unidos, por exemplo, estima-se que a perda anual na produtividade de morangueiro na Flórida varie entre 10 e 20 milhões de dólares devido ao ataque do ácaro-rajado, mesmo com o uso de controle químico (Lourenção et al., 2000).

Adicionalmente, o uso intensivo de controle químico gera entraves comerciais. O Brasil enfrenta barreiras não alfandegárias relacionadas a resíduos de agrotóxicos, onde países importadores restringem a entrada de produtos que não atendem aos seus rigorosos limites de tolerância (Brasil, 2016b). Portanto, a busca por métodos alternativos de controle torna-se não apenas uma necessidade ecológica, mas uma estratégia comercial indispensável.

3.2 Principais Ácaros-Praga em Sistemas Frutícolas

A acarofauna associada à fruticultura é caracterizada por uma elevada diversidade de espécies, cuja importância econômica varia de acordo com a cultura, a região produtora e as condições climáticas. Dentre os grupos de maior relevância para a agricultura brasileira, destacam-se as famílias Tetranychidae, Tenuipalpidae, Eriophyidae e Tarsonemidae, que

abrigam espécies capazes de comprometer significativamente a produtividade e a qualidade dos frutos (Moraes; Flechtmann, 2008).

Os danos ocasionados por esses organismos podem ser classificados em diretos e indiretos. Os danos diretos resultam da alimentação, que envolve a perfuração das células epidérmicas e a extração do conteúdo celular. Em citros, por exemplo, o ácaro-da-falsa-ferrugem (*Phyllocoptruta oleivora* Ashm (Trombidiformes: Eriophyidae) provoca o colapso das células da epiderme, resultando em frutos com aspecto "enferrujado" ou "bronzado", o que deprecia seu valor comercial para o mercado de fruta fresca (Albrigo; Mccoy, 1974). Já em culturas como o mamoeiro e a videira, espécies polífagas como o ácaro-branco (*Polyphagotarsonemus latus* Banks (Trombidiformes: Tarsonemidae) atacam tecidos em crescimento, causando deformações foliares, encurtamento de internódios e o sintoma conhecido como "queda do chapéu" ou superbrotamento (Vieira et al., 2004; Monteiro, 1994).

Além das injúrias físicas, a transmissão de patógenos representa um dos aspectos mais críticos do manejo. Ácaros do gênero *Brevipalpus* (Trombidiformes: Tenuipalpidae), por exemplo, são vetores de viroses severas. Em citros, o *Brevipalpus phoenicis* Geijskes é o transmissor do vírus da leprose (CiLV), uma doença de ação localizada que afeta folhas, ramos e frutos, exigindo controle químico rigoroso e oneroso (Chiavegato; Salibe, 1984; Kitajima et al., 2003a). Da mesma forma, no maracujazeiro, esse ácaro está associado ao "vírus-da-mancha-verde" (PFGSV), capaz de inviabilizar pomares inteiros através de lesões necróticas e desfolha intensa (Kitajima et al., 2003b).

Além de impactos na produtividade, a presença de determinadas espécies quarentenárias pode inviabilizar a exportação de frutas brasileiras em função da barreira fitossanitária imposta ao comércio internacional. Espécies como *Tetranychus pacificus* McGregor (Trombidiformes: Tetranychidae) e *Brevipalpus chilensis* (Baker), ainda não estabelecidas no Brasil, são monitoradas rigorosamente, pois sua introdução poderia acarretar prejuízos severos a culturas como a videira e a macieira (Návia et al., 1998; Ferreira et al., 2001). Portanto, o conhecimento taxonômico e biológico dessas espécies é fundamental não apenas para o manejo em campo, mas para a manutenção dos mercados de exportação (Brasil, 2016).

3.2.1 Família Tetranychidae

Os tetraniquídeos, conhecidos popularmente na literatura de língua inglesa como "*spider mites*" ou "ácaros-de-teia", constituem uma família de ácaros estritamente fitófagos e de grande relevância agrícola. O catálogo de Bolland et al. (1998) lista 1.189 espécies distribuídas em 71 gêneros. No Brasil, embora o número de espécies de importância econômica seja reduzido, o ácaro-rajado (*Tetranychus urticae* Koch) destaca-se por seu hábito alimentar polífago e pelos severos danos causados a uma vasta gama de hospedeiros (Moraes; Flechtmann, 2008).

Morfologicamente, as fêmeas adultas possuem idiossoma sacular, variando de 0,4 a 0,5 mm de comprimento. A coloração é influenciada pelo conteúdo do ventrículo (visível por transparência) e por pigmentos naturais, podendo variar do esverdeado (*Tetranychus* spp., *Mononychellus* spp.) ao vermelho (*Panonychus* spp.) e verde-intenso (*Eutetranychus* spp.). O aspecto "rajado" característico de *T. urticae* deve-se ao acúmulo de massas alimentares nos cecos gástricos laterais, que formam manchas escuras no dorso. O gnatossoma possui palpos com cinco segmentos e um "processo unha-dedão" distintivo. A área genital da fêmea apresenta ondulações radiais típicas ao redor da vulva, enquanto o edeago do macho é a estrutura chave para a identificação taxonômica das espécies (Moraes; Flechtmann, 2008).

O ciclo de vida desses organismos compreende as fases de ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adulto. São haplo-diplóides, onde machos originam-se por partenogênese arrenótoca e fêmeas por reprodução sexuada. O desenvolvimento é rápido, completando-se em uma a duas semanas, o que confere a esses ácaros um alto potencial biótico. Uma única fêmea não fertilizada pode iniciar uma nova colônia produzindo machos que, subsequentemente, a fecundarão para a produção de fêmeas, acelerando a colonização e a seleção de linhagens resistentes (Moraes; Flechtmann, 2008).

Uma característica comportamental marcante da subfamília Tetranychinae é a produção de teia. Essa estrutura desempenha múltiplas funções vitais: protege a colônia contra predadores e intempéries (como chuva), facilita o encontro de parceiros para o acasalamento e auxilia na dispersão. A classificação dos hábitos de vida baseada na teia varia desde espécies que produzem pouca ou nenhuma teia (tipo LW, como *Panonychus* spp.) até aquelas que constroem teias complexas e densas (tipo CW e WN, comuns em *Tetranychus* spp.) (Saito, 1983; 1985).

Os danos ocasionados por esses ácaros resultam da perfuração das células epidérmicas e parenquimatosas pelos estiletos queliceriais. O esvaziamento do conteúdo celular e a entrada de ar provocam o aparecimento de pontuações cloróticas que posteriormente evolui para uma folha com aspecto prateada ou bronzeada, reduzindo a taxa fotossintética. Ataques severos levam à necrose, desfolha prematura e, em plantas anuais, podem comprometer a sobrevivência da cultura. Em perenes, como o cafeeiro, o dano pode afetar as reservas nutricionais, impactando a diferenciação floral e a produção do ano subsequente (Moraes; Flechtmann, 2008).

A dispersão ocorre principalmente pelo vento (balonismo), onde fêmeas se deixam levar por correntes de ar, ou pelo transporte de material vegetal infestado pelo homem, fator crítico para a disseminação de pragas entre regiões, como observado na expansão de *Mononychellus tanajoa* Bondar (Trombidiformes: Tetranychidae) na África (Yaninek; Herren, 1988). Além disso, em situações de alta densidade populacional e exaustão da planta hospedeira, ocorrem migrações massais de ácaros em busca de novos recursos.

3.2.2 Família Tarsonemidae

A família Tarsonemidae destaca-se pela sua diversidade, compreendendo cerca de 545 espécies distribuídas em 45 gêneros. Embora apresentem hábitos alimentares variados, incluindo fungívoros, algívoros e predadores, as espécies de importância agrícola são majoritariamente polífagas. Segundo Jeppson et al. (1975), sete espécies são consideradas pragas globais, sendo o ácaro-branco (*P. latus*) a de maior relevância econômica devido à sua ampla distribuição e vasto círculo de hospedeiros. Contudo, há casos de especificidade, como observado no gênero *Steneotarsonemus*, que demonstra preferência por monocotiledôneas, a exemplo de *Steneotarsonemus ananas* em abacaxizeiro e *Steneotarsonemus brasiliensis* em cana-de-açúcar (Moraes; Flechtmann, 2008).

Morfologicamente, os tarsonemídeos são pequenos, variando de 0,1 a 0,3 mm, com tegumento rígido e brilhante. Diferenciam-se da maioria dos ácaros pela presença de vestígios de segmentação no idiossoma e pela fusão dos segmentos basais das quelíceras com o hipostômio, formando uma cápsula oval. O dimorfismo sexual é pronunciado: as fêmeas possuem corpo ovóide e um par de órgãos sensoriais clavados, enquanto a perna IV apresenta duas setas longas. Já os machos são menores, com edeago estiletiforme e perna IV terminando em uma unha tarsal, adaptada para o transporte de fêmeas (Lindquist, 1986).

O ciclo de vida desses organismos é peculiar dentro da superfamília Tarsonemoidea, passando pelos estágios de ovo, larva, "pupa" e adulto. O ovo é relativamente grande, correspondendo a metade do volume da fêmea. O estágio denominado "pupa" é, na verdade, uma fase larval inativa e túrgida, sob a qual ocorre o desenvolvimento da ninfa vestigial e, posteriormente, do adulto. O ciclo completo é rápido, durando de três a sete dias, com reprodução predominantemente por partenogênese arrenótoca (haplo-diplóide), embora a telítoca também ocorra (Norton et al., 1993).

Um comportamento reprodutivo característico é o transporte da "pupa" feminina pelo macho. Utilizando o quarto par de pernas e a papila genital, o macho carrega a fêmea imatura até o momento de sua emergência, garantindo a cópula imediata. Essa estratégia maximiza as chances de fertilização antes da dispersão (Moraes; Flechtmann, 2008). A dispersão, por sua vez, ocorre através do caminhamento para partes novas da planta, pelo vento ou por foresia, como observado em *P. latus* sendo transportado pela mosca-branca *Bemisia tabaci* Genn (Hemiptera: Aleyrodidae).

Ecologicamente, populações elevadas estão associadas a períodos de menor estresse hídrico das plantas e alta umidade relativa do ar, condições que favorecem o desenvolvimento dos ácaros em tecidos túrgidos (Vieira et al., 2004). Essa preferência está diretamente ligada à morfologia de suas peças bucais: como possuem estiletes queliceriais muito curtos, os tarsonemídeos necessitam alimentar-se de células superficiais em tecidos de crescimento rápido e tenros.

Consequentemente, os danos concentram-se nas brotações e ponteiros. A alimentação provoca a descoloração (prateamento ou bronzeamento) e o colapso celular. Folhas em expansão tornam-se rígidas, estreitas e sofrem distorções, enrolando-se para cima ou para baixo. Em ataques severos, há paralisação do crescimento e morte da planta. Além da injúria mecânica, espécies como *P. latus* e *Phytonemus pallidus* Banks (Trombidiformes: Tarsonemidae) podem injetar toxinas que alteram a ontogenia dos tecidos, induzindo a proliferação celular para facilitar a alimentação contínua (Moraes; Flechtmann, 2008).

3.2.3 Família Tenuipalpidae

Conhecidos na literatura nacional como "ácaros-planos" ou "falsos-ácaros-de-teia", os tenuipalpeiros são organismos estritamente fitófagos e, embora o número de espécies consideradas pragas globais seja reduzido, cerca de cinco, segundo Yaninek e Moraes (1991),

sua relevância econômica é altíssima. No Brasil, *Brevipalpus phoenicis* destaca-se como a espécie de maior importância, principalmente por sua capacidade de atuar como vetor de vírus e injetar toxinas nas plantas (Moraes; Flechtmann, 2008).

A morfologia destes ácaros é distinta: possuem o idiossoma achatado e tegumento de aparência coriácea. A coloração varia de verde a vermelha nos adultos, enquanto nos imaturos a transparência da cutícula faz com que a cor dependa do estágio de digestão do alimento. O ovo é característico: elíptico-alongado e de cor alaranjada intensa. Uma característica taxonômica importante é a fusão dos segmentos basais das quelíceras formando um estilóforo móvel, onde se alojam estiletos longos e recurvados, ideais para a perfuração profunda de tecidos (Moraes; Flechtmann, 2008).

Diferentemente dos tetraniquídeos, os tenuipalpídeos apresentam um desenvolvimento lento. O ciclo de ovo a adulto varia entre 20 e 30 dias, com os adultos vivendo por um período semelhante. A fecundidade é relativamente baixa, com média de 20 a 30 ovos por fêmea. Os ovos são depositados em locais abrigados, como fendas de cascas ou junto às nervuras das folhas (Moraes; Flechtmann, 2008).

A biologia reprodutiva desta família é complexa e embora a maioria seja haplo-diplóide (machos por partenogênese arrenótoca), a partenogênese telítoca (onde fêmeas produzem apenas fêmeas) é comum. Estudos de Weeks et al. (2001) elucidaram que, em *B. phoenicis*, a presença de uma bactéria endossimbiótica é responsável pela feminização de indivíduos geneticamente machos. A perda dessa bactéria, seja por estresse ambiental ou uso de antibióticos, leva ao aparecimento de machos na população. Além disso, fenômenos raros como a pedogênese (larvas formadas dentro de ninfas) já foram relatados em espécimes coletados em citros (Baker, 1979).

Quanto à dispersão, o transporte inadvertido pelo homem em mudas e plantas ornamentais é a principal via de disseminação a longas distâncias. Localmente, a dispersão pelo caminhar é limitada, pois os ácaros não resistem muito tempo sem alimento. Curiosamente, fêmeas de *B. phoenicis* demonstram alta resistência à imersão, sobrevivendo mais de 15 dias na água, o que permite que sejam lavadas pela chuva e retornem à planta ou colonizem hospedeiros próximos (Silva; Chiavegato, apud Moraes; Flechtmann, 2008).

Os danos causados resultam da alimentação na face inferior das folhas, ramos tenros e frutos. Os sintomas incluem áreas branco-prateadas ou cloróticas que evoluem para manchas

bronzeadas e necrose, podendo causar desfolha prematura. Em frutos, é comum a formação de suberosidades (aspecto corticoso) e rugosidades. Contudo, o dano mais severo é indireto: a transmissão de viroses (como a leprose dos citros e a mancha-verde do maracujá) pode comprometer a viabilidade econômica de pomares inteiros.

3.2.4 Superfamília Eriophyoidea

Genericamente denominados "microácaros", os membros da superfamília Eriophyoidea constituem um grupo de organismos estritamente fitófagos, cuja importância econômica global é superada apenas pelos tetraniquídeos (Moraes; Flechtmann, 2008). A diversidade taxonômica do grupo é vasta e crescente: Amrine et al. (2003) contabilizaram 3.442 espécies descritas em 301 gêneros. Destas, a grande maioria (78%) pertence à família Eriophyidae, seguida por Diptilomiopidae (16%) e Phytoptidae (6%).

Morfologicamente, estes ácaros diferem drasticamente das demais famílias de importância agrícola. São minúsculos, com fêmeas medindo entre 100 e 330 micrômetros, e possuem o corpo alongado, vermiforme ou fusiforme, com tegumento anelado transversalmente. A característica mais distintiva, presente da larva ao adulto, é a presença de apenas dois pares de pernas situados na região anterior do corpo. O aparelho bucal possui estiletes adaptados para a perfuração de tecidos vegetais; na maioria das espécies, esses estiletes são curtos (15-40 micrômetros), permitindo apenas a perfuração de células epidérmicas, embora na família Diptilomiopidae possam ser mais longos (Moraes; Flechtmann, 2008).

O ciclo de vida envolve os estágios de ovo, larva, ninfa e adulto. A reprodução é haplo-diplóide (machos por partenogênese e fêmeas sexuadas). Apesar do tamanho reduzido, o tempo de desenvolvimento é similar ao dos tetraniquídeos (uma a duas semanas), porém com fecundidade média menor, variando de 10 a 20 ovos por fêmea. Uma estratégia de sobrevivência peculiar em regiões de clima temperado é a deutoginia (dimorfismo sexual sazonal), onde fêmeas morfologicamente distintas (deutogines) são produzidas para resistir a condições adversas, entrando em diapausa (Moraes; Flechtmann, 2008).

A relação desses ácaros com seus hospedeiros é marcada por uma alta especificidade e pela ocupação de micro-habitats confinados, como gemas, bainhas de folhas e interior de galhas. A dispersão a longas distâncias ocorre, predominantemente, pelo transporte humano de material vegetal infestado, um risco exacerbado pelo tamanho microscópico da praga, que

dificulta sua detecção. Naturalmente, a dispersão ocorre pelo vento, onde os ácaros utilizam a ventosa anal para se fixarem e se projetarem nas correntes de ar (Moraes; Flechtmann, 2008).

Os danos ocasionados pelos eriofitóides podem ser classificados em três categorias principais, iniciando-se pelos danos mecânicos, que resultam do esvaziamento do conteúdo celular e causam sintomas como o bronzeamento, pela oxidação e deposição de lignina, ou a ferrugem prateada em folhas e frutos. Somam-se a estes as alterações do crescimento, decorrentes da injeção de substâncias salivares que modificam a fisiologia da planta e geram deformações como galhas, eríneos, enrolamento de bordos e intumescimento de gemas, culminando, em casos severos, no superbrotamento ou "vassoura-de-bruxa". Por fim, destaca-se a transmissão de vírus, um aspecto de grande relevância econômica marcado por uma relação vetor-vírus específica, cujos sintomas muitas vezes se confundem com a toxicidade alimentar do ácaro, demandando diagnóstico preciso.

3.3 Métodos Convencionais de Controle e Limitações

A utilização de pesticidas químicos permanece como o método predominante para o combate a artrópodes considerados pragas agrícolas. No entanto, a eficácia dessa estratégia tem sido frequentemente comprometida. Segundo Tabashnik (1990), existem inúmeros casos de falhas de controle decorrentes do fenômeno da resistência, o que se configura como um dos maiores entraves no manejo de centenas de espécies de insetos e ácaros-praga.

Mesmo em cenários onde são realizadas aplicações regulares de acaricidas, o controle de *Tetranychus urticae*, por exemplo, mostra-se muitas vezes ineficiente. Essa ineficácia está diretamente associada à capacidade do ácaro de desenvolver resistência aos princípios ativos utilizados (Edge; James, 1982). Nogueira (2020) define a resistência como uma consequência de processos evolutivos básicos: indivíduos "pré-adaptados" em uma população possuem diferenças genéticas que lhes permitem tolerar doses de pesticidas que seriam letais para a maioria (Nauen et al., 2019).

A dinâmica desse fenômeno no campo é preocupante. Geralmente, assume-se que os sobreviventes a uma aplicação não receberam a dose letal, levando o produtor a reagir com o aumento da dosagem ou da frequência das pulverizações. Essa prática acaba por eliminar os indivíduos suscetíveis, aumentando a proporção de resistentes na população (TABASHNIK et al., 2014). Os principais fatores que regem essa dinâmica incluem o custo adaptativo dos

indivíduos resistentes na ausência de pressão de seleção e a imigração de indivíduos suscetíveis (Franco, 2007).

Como consequência do uso intenso, a evolução da resistência tem sido rápida em várias espécies de importância econômica (Edge; James, 1986; Stumpf; Nauen, 2001). A literatura registra casos complexos, incluindo resistência cruzada entre acaricidas inibidores da respiração celular, como os organoestânicos e inibidores do transporte de elétrons (EDGE; James, 1986; Stumpf; Nauen, 2001). Há também registros de resistência entre produtos com modos de ação distintos, como propargite e dicofol (Grafton-Cardwell et al., 1987), e entre fenpiroximato, piridabem e dimetoato (SATO et al., 2004). Em culturas de morango, populações de *T. urticae* já apresentaram resistência à abamectina e resistência cruzada a milbemectin (Sato et al., 2005).

Do ponto de vista fisiológico, Georghiou (1994) e a World Health Organization (2012) explicam que os mecanismos de resistência compreendem alterações metabólicas, modificações no sítio de ação, resistência comportamental e cuticular. Para causar letalidade deve ocorrer a exposição a molécula, penetração no tegumento e deslocamento para o sítio alvo e por fim, interação com o sítio alvo (enzima, canal iônico ou proteína receptora) e morte clínica. A resistência pode ocorrer pela interrupção de qualquer etapa, sendo o metabolismo e a insensibilidade do sítio de ação os mecanismos mais relevantes. Contudo, a redução da penetração cuticular pode atuar de forma sinérgica, favorecendo os demais mecanismos (Georghiou, 1994).

O uso contínuo e intensivo de pesticidas, muitas vezes fora das recomendações, eleva os custos de produção e pode causar prejuízos ambientais severos (Georghiou; Taylor, 1986). Entre os impactos, destacam-se a eliminação de polinizadores e agentes de controle biológico, riscos à saúde pública e desequilíbrio ecológico (Pimentel; Burgess, 2015; Bueno et al., 2017). A falta de seletividade dos produtos químicos afeta diretamente predadores, parasitoides e entomopatógenos (Silva; Neves, 2005). Esse desequilíbrio provoca a ressurgência de pragas, uma vez que seus inimigos naturais foram eliminados (Van De Vrie et al., 1972).

Diante dessas dificuldades, especialmente em sistemas orgânicos onde produtores muitas vezes agem por tentativa e erro com biofertilizantes e caldas (Venzon, 2006), busca-se a transição para práticas mais sustentáveis. A produção de alimentos saudáveis baseia-se em

princípios agroecológicos que aumentam a biodiversidade de organismos benéficos, fortalecendo a resistência e resiliência dos cultivos (Nichols Et Al., 1999). A manutenção de habitats apropriados e fontes de alimento alternativas para esses organismos é uma estratégia eficiente para impedir danos econômicos (Ministério Do Desenvolvimento Agrário, 2015). Nesse contexto, impulsionado pela demanda do mercado por produtos isentos de agrotóxicos (Abreu Júnior, 1998; Burg; Mayer, 2006 apud Brasil, 2015), o Controle Biológico ganha destaque. O uso de entomopatógenos, microrganismos que causam doenças nas pragas, consolida-se como um dos pilares do Manejo Integrado de Pragas (MIP), auxiliando na redução dos impactos causados pelos insetos e ácaros (Adão, 2022).

3.4 Fundamentos dos Fungos Entomopatogênicos

O controle biológico microbiano, fundamentado no uso de fungos entomopatogênicos, constitui uma estratégia vital no Manejo Integrado de Pragas (MIP). Diferentemente de bactérias e vírus, que obrigatoriamente necessitam ser ingeridos para causar infecção, os fungos possuem a capacidade singular de infectar seus hospedeiros diretamente via contato com o tegumento. Essa característica os torna ferramentas excepcionais no controle de ácaros e insetos sugadores, organismos que se alimentam de conteúdo celular e seiva e não ingerem tecidos vegetais, escapando à ação de outros patógenos (Alves, 1998).

3.4.1 Conceito, Modo de Ação e Ciclo de Infecção

Os fungos entomopatogênicos parasitam artrópodes, levando-os à morte por meio de um processo refinado de infecção e colonização. O sucesso desse processo depende de uma sequência de eventos bioquímicos e físicos, didaticamente divididos em etapas:

1. **Adesão:** O processo inicia-se com a deposição do conídio (esporo) sobre o tegumento do ácaro. Esta etapa envolve interações químicas específicas entre a superfície do esporo (hidrofobicidade) e a epicutícula do hospedeiro. Imediatamente após a adesão, estudos indicam que as primeiras enzimas a serem secretadas são as lipases. Estas enzimas hidrolisam os lipídios e lipoproteínas da camada mais externa (epicutícula), facilitando a fixação firme do esporo e intensificando as interações hidrofóbicas necessárias para o início da germinação.
2. **Germinação e Diferenciação:** Sob condições adequadas, o conídio germina, produzindo um tubo germinativo. Frequentemente, ocorre a formação de uma estrutura especializada de penetração, o apressório, que ancora o fungo ao tegumento.

3. Penetração: Considerada a fase mais crítica, a penetração combina a pressão mecânica das hifas com uma intensa atividade enzimática sequencial. Após a degradação lipídica inicial, o fungo secreta proteases (como Pr1 e Pr2) e, subsequentemente, quitinases.
- As proteases atuam como fatores determinantes na virulência, degradando a matriz proteica que protege o exoesqueleto e expondo as fibrilas de quitina. Além da função estrutural, as proteases suprimem as defesas naturais do hospedeiro, inativando proteínas antifúngicas da epiderme do ácaro.
 - A ação sinérgica dessas enzimas (lipases, proteases e quitinases) provoca deformações no exoesqueleto e permite a entrada das hifas no corpo do inseto (St. Leger et al., 1987).
4. Colonização e Morte: Uma vez na hemocele, o fungo supera o sistema imunológico e prolifera, geralmente na forma de blastosporos, consumindo nutrientes da hemolinfa. A letalidade é frequentemente amplificada pela produção de metabólitos tóxicos. Essas toxinas inibem a resposta imunológica e causam paralisia muscular. A combinação da degradação física, inanição e toxemia leva ao colapso rápido do ácaro, muitas vezes antes da colonização completa.
5. Extrusão e Esporulação: Após a morte do hospedeiro, e sob alta umidade relativa, o fungo emerge do cadáver (extrusão) e produz novos conídios. Este processo de esporulação (ou mumificação) gera inóculo para infectar outros indivíduos, propiciando epizootias naturais.

3.4.2 Fatores Ambientais e Evidências Científicas do Controle Fúngico de Ácaros

A eficácia dos fungos entomopatogênicos no controle de ácaros fitófagos é resultado da interação complexa entre o patógeno, o hospedeiro e o ambiente. Os resultados documentados variam conforme a espécie do ácaro e o isolado fúngico, abrangendo desde testes laboratoriais de patogenicidade até aplicações em condições de semi-campo e viveiros comerciais.

O sucesso da infecção fúngica é fortemente dependente do microclima. A umidade é o fator mais restritivo. Estudos sobre a biologia de *Neozygites floridana* indicam que a produção de conídios primários e a formação de capiloconídios infectivos são drasticamente reduzidas em umidade relativa inferior a 90% ou 95% (Castro, 2011). A temperatura também exerce papel crucial: temperaturas baixas (13°C) inibem a esporulação e a infecção, enquanto temperaturas elevadas (33°C) podem impedir completamente o desenvolvimento do patógeno, sendo a faixa de 23°C a 28°C considerada ideal para a maioria dos isolados (Wekesa, 2008).

Além disso, a radiação ultravioleta é prejudicial aos conídios, exigindo que aplicações em campo considerem horários de menor insolação para preservar a viabilidade do inóculo.

Os bioensaios laboratoriais permitiram selecionar isolados virulentos para diferentes espécies de ácaros de importância agrícola:

- *Beauveria bassiana* e o Ácaro-vermelho-da-erva-mate (*Oligonychus yothersi*): A seleção de isolados para o controle desta praga revelou alta variabilidade na virulência. Oliveira, Neves e Alves (2004) testaram diversos isolados e constataram que *B. bassiana* foi superior a *Metarhizium anisopliae* e *Paecilomyces fumosoroseus*. Especificamente, os isolados UEL 02, UEL 10 e CG 166 causaram mortalidade confirmada superior a 70% em adultos, com Tempo Letal Médio (TL₅₀) variando entre 3,3 e 4,3 dias. Corroborando esse potencial, Rode (2020) avaliou isolados locais (UNIOESTE) e encontrou mortalidades totais que variaram de 15% a 92%, com destaque para os isolados 53, 87 e 97, que superaram 70% de eficiência.
- *Hirsutella* sp. e o Ácaro-da-leprose (*Brevipalpus phoenicis*): Rossi (2002) demonstrou a alta especificidade do gênero *Hirsutella* para ácaros tenuipalpídeos. Em testes de seleção com 52 isolados, *Hirsutella* sp. causou mortalidade superior a 90% em adultos após seis dias. Em contraste, fungos generalistas como *B. bassiana* e *M. anisopliae* apresentaram baixa patogenicidade para esta espécie, com mortalidade inferior a 30%, evidenciando a necessidade de seleção criteriosa do agente de controle para esta praga específica.
- *Akanthomyces lecanii* e o Ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*): Wenzel (2005) confirmou a patogenicidade do isolado JAB 02 de *A. lecanii* sobre o ácaro-rajado. A mortalidade observada variou de 49% a 90% no décimo dia após a aplicação, dependendo da concentração de conídios utilizada, com uma Concentração Letal Média (CL₅₀) estimada em $5,25 \times 10^6$ conídios/mL.
- *Metarhizium anisopliae* e o Ácaro-verde-da-mandioca (*Mononychellus tanajoa*): Em bioensaios laboratoriais recentes, Santos (2025) comparou produtos comerciais e observou que o bioinseticida à base de *M. anisopliae* (Metarhizium Hizobio) apresentou alta eficácia, causando mortalidade entre 86,5% e 99%, desempenho superior ao observado para algumas formulações de *B. bassiana* nas mesmas condições controladas.

A transposição dos testes para condições de semi-campo (telados e viveiros) reforça a viabilidade técnica do método:

- Rosa do Deserto (*Adenium obesum*): Em um experimento conduzido em viveiro comercial na região de Belém, Lima e Marvão (2020) avaliaram o controle de *Tetranychus* sp. A aplicação de suspensões de *Cordyceps* sp. e *Beauveria* sp. resultou em mortalidades de 95% e 97% após 10 dias, respectivamente. Um dado relevante deste estudo foi a comparação com o controle químico convencional, que apresentou queda na eficiência ao longo do tempo (reduzindo de 89% para 72%), sugerindo resistência da praga, enquanto os tratamentos fúngicos mantiveram eficácia crescente.
- Mandioca: Em condições de semi-campo (casa de vegetação), Santos (2025) observou que o comportamento dos produtos pode diferir do laboratório. Neste ambiente, o produto comercial Beauvel® SC (*B. bassiana*) na concentração de 9% obteve o melhor desempenho na redução populacional de *M. tanajoa*, superando o *Metarhizium*, o que ressalta a influência da formulação e da proteção contra fatores ambientais na performance do fungo.

A persistência é uma vantagem distintiva dos fungos. Ao contrário dos acaricidas químicos que, em alguns casos, demonstraram apenas controle momentâneo seguido de rápida reinfestação, os entomopatógenos possuem a capacidade de colonizar os cadáveres e esporular (produzir novas unidades infectivas), mantendo o inóculo no ambiente e prolongando o efeito de controle sobre a população de ácaros (Lima; Marvão, 2020; Rossi, 2002).

3.5 Desafios e lacunas científicas

Apesar do potencial comprovado dos fungos entomopatogênicos, a sua consolidação como principal estratégia de controle de ácaros no Brasil enfrenta barreiras técnicas e ambientais que exigem investigação contínua. Um dos maiores entraves reside nas condições ambientais, especificamente a dependência de alta umidade e temperaturas amenas para a esporulação e infecção. Estudos com *Neozygites floridana* indicam que a esporulação é drasticamente reduzida ou nula em umidade relativa inferior a 90% e temperaturas abaixo de 13°C ou muito elevadas, o que limita a ocorrência de epizootias naturais em regiões de clima semiárido ou durante estações secas, conforme detalhado por Castro (2011) e Wekesa (2008). A radiação ultravioleta (UV) também é citada como um fator deletério que inativa os conídios expostos na superfície foliar, exigindo estratégias de proteção.

Outro desafio crítico é o desenvolvimento de formulações mais estáveis. A eficácia dos bioprodutos varia significativamente dependendo do veículo de aplicação. Nunes (2019) demonstrou que o uso de adjuvantes adequados é vital, evidenciando que o óleo mineral (como o ASSIST®) favorece o desenvolvimento vegetativo e a produção de conídios de *Beauveria bassiana* em comparação a óleos vegetais e espalhantes comuns, protegendo o fungo contra a dessecação. No entanto, Santos (2025) observou variabilidade na eficiência de produtos comerciais formulados (como Beauvel® SC e Metarhizium Hizobio) no controle de *Mononychellus tanajoa*, indicando que a padronização e a estabilidade de prateleira ("shelf-life") dessas formulações ainda necessitam de aprimoramento para garantir resultados consistentes no campo.

Além disso, observa-se uma predominância de pesquisas laboratoriais em detrimento de estudos de campo, gerando uma lacuna na validação das tecnologias em escala real. Enquanto trabalhos como os de Rossi (2002) e Oliveira et al. (2004) fornecem dados robustos de mortalidade em placas de Petri e discos foliares para *Brevipalpus phoenicis* e *Oligonychus yothersi* (McGregor) (Trobidiformes: Tetranychidae), respectivamente, há uma escassez de dados sobre o comportamento desses isolados em grandes áreas agrícolas, onde fatores complexos como a arquitetura da planta e o microclima interferem na deposição do patógeno. Concomitantemente, há poucos trabalhos focados em efeitos subletais e no impacto populacional a longo prazo; a maioria das pesquisas foca na mortalidade aguda, negligenciando a redução da fecundidade e da viabilidade de ovos em gerações subsequentes, parâmetros essenciais para o manejo de resistência sugeridos por Rode (2020). Por fim, a literatura analisada, incluindo as dissertações recentes de Izidoro (2024) e Santos (2025), concentra-se na eficácia biológica, evidenciando a falta de análises econômicas que comparem o custo-benefício da aplicação de fungos *versus* acaricidas sintéticos, um dado crucial para a adoção da tecnologia pelo produtor rural.

3.6 Perspectivas futuras

O avanço do controle biológico de ácaros aponta para a integração de novas tecnologias de encapsulamento e formulação. A superioridade do óleo mineral como adjuvante na compatibilidade com *Beauveria bassiana*, verificada por Nunes (2019), abre caminho para o desenvolvimento de formulações oleosas encapsuladas que protejam os conídios da radiação UV e da baixa umidade, aumentando a persistência do inóculo no filoplano. Espera-se que futuras formulações consigam mimetizar o microclima úmido

necessário para a germinação, superando as limitações ambientais descritas por Esparza Mora et al. (2016).

No âmbito da aplicação, o uso de pulverização de precisão apresenta-se como uma fronteira promissora. Considerando que ácaros fitófagos como o *Tetranychus urticae* habitam preferencialmente a face abaxial das folhas e formam teias que dificultam o contato com o produto, a evolução da tecnologia de aplicação é imperativa para garantir a cobertura adequada. Embora os estudos atuais de Wekesa (2008) e Lima & Marvão (2020) tenham utilizado pulverizadores manuais ou costais em ambientes controlados, a tendência é a migração para sistemas que otimizem o tamanho de gota e a deposição no alvo, mitigando a perda por deriva e evaporação.

A base do sucesso futuro continua sendo a seleção de isolados mais virulentos e adaptados. O trabalho de bioprospecção realizado por Oliveira et al. (2004), que identificou isolados locais de *B. bassiana* (como UNIOESTE 53) com mortalidade superior a 90%, reforça a necessidade de explorar a biodiversidade nativa em detrimento de cepas genéricas. A especificidade demonstrada por *Hirsutella* sp. contra o ácaro-da-leprose em Rossi (2002) sugere que a busca por isolados especialistas

4 METODOLOGIA

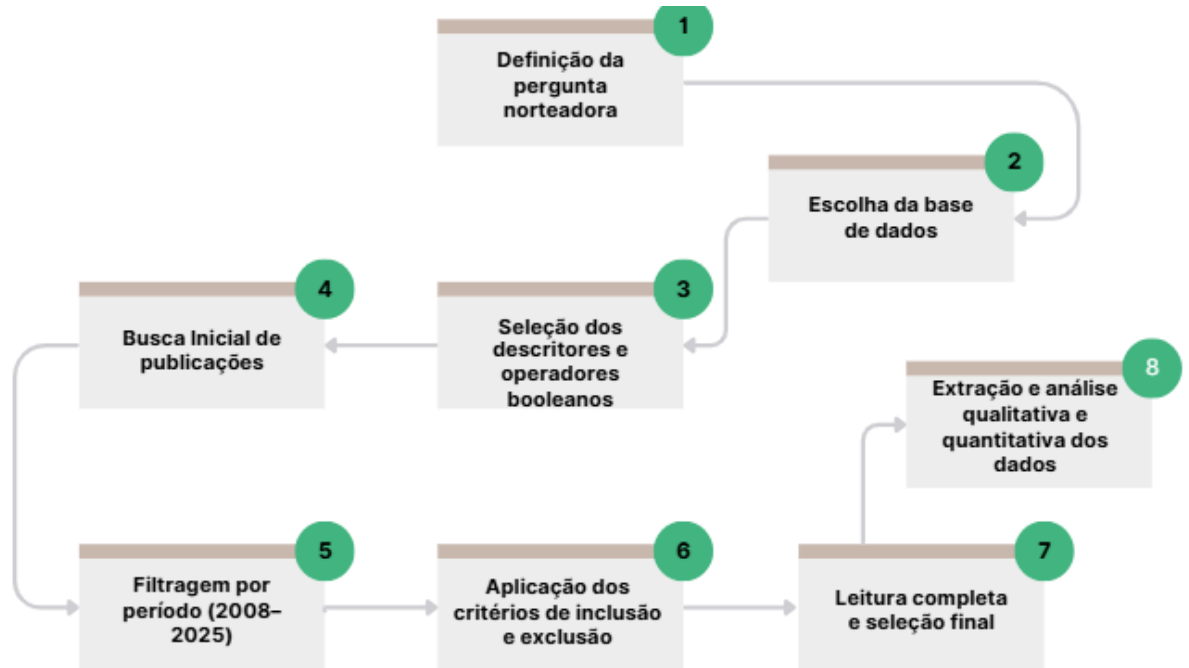
4.1 Tipo de estudo e abordagem

Quanto aos procedimentos técnicos, a pesquisa constitui uma Revisão Bibliográfica. O estudo baseou-se no levantamento sistemático da literatura especializada referente à aplicação de fungos entomopatogênicos no controle de ácaros-praga na fruticultura, com foco na compilação do estado da arte e no mapeamento das produções científicas sobre o tema.

Referente à forma de abordagem do problema, o trabalho enquadra-se como uma pesquisa quali-quantitativa. A etapa quantitativa consistiu na mensuração de variáveis bibliométricas e técnicas, tais como a frequência de espécies fúngicas, culturas agrícolas e índices de eficiência reportados. Simultaneamente, a etapa qualitativa compreendeu a análise crítica e interpretativa dos dados, estruturando as evidências sobre as táticas de manejo e as especificidades biológicas descritas nos documentos recuperados.

A Figura 1 apresenta o fluxograma metodológico que ilustra de maneira esquemática todas as etapas da Revisão bibliográfica, desde a busca inicial nas bases de dados até a seleção final dos estudos analisados.

Figura 1 - Fluxograma das Etapas aplicadas na elaboração da Revisão Bibliográfica.



Fonte: elaborada pelo autor.

A pergunta norteadora que guiou esta revisão foi:

“Como os fungos entomopatogênicos vêm sendo aplicados no controle de ácaros-praga de importância econômica para a fruticultura, e quais são as principais lacunas de conhecimento identificadas na literatura científica?”

4.2 Estratégia de busca

A busca dos trabalhos foi realizada em bases científicas amplamente reconhecidas pela difusão de pesquisas nacionais e internacionais, sendo elas o Google Acadêmico, a SciELO (*Scientific Electronic Library Online*) e o Periódicos CAPES (portal mantido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) órgão vinculado ao Ministério da Educação (MEC) responsável por promover a expansão e consolidação da pós-graduação no Brasil.

As consultas abrangeram o período de 2008 a 2025, considerado representativo para acompanhar a evolução dos estudos sobre o controle biológico de ácaros e a aplicação de fungos entomopatogênicos em sistemas frutíferos, permitindo identificar tendências, avanços metodológicos e lacunas de pesquisa ao longo dos anos.

Inicialmente, foram identificados 1.560 estudos relacionados aos descritores definidos. Com a aplicação do recorte temporal, o número foi reduzido para 1.270 publicações. Após o processo de filtragem baseado nos critérios de inclusão e exclusão (Tabela 1), 16 trabalhos atenderam integralmente aos parâmetros estabelecidos e compuseram a amostra final da revisão (Tabela 2).

Os descritores foram empregados em português e inglês, combinados por meio de operadores booleanos (“AND”, “OR”), a fim de ampliar a precisão da busca. As principais combinações utilizadas foram:

- “fungos entomopatogênicos” AND “ácaros-praga” AND “fruticultura”;
- “entomopathogenic fungi” AND “mite pests” AND “fruit crops”.

Além das expressões gerais, a pesquisa também contemplou espécies específicas de ácaros e culturas frutíferas, visando reunir estudos direcionados à fruticultura. Foram incluídos tanto trabalhos que abordavam plantas frutíferas diretamente, quanto experimentos realizados em laboratório, desde que voltados a ácaros de relevância econômica para o setor frutícola.

Todos os resultados foram sistematicamente registrados em planilhas, com informações referentes ao título, autores, ano, origem e idioma das publicações, garantindo organização, rastreabilidade e transparência em todas as etapas.

4.3 Critérios de seleção

Os critérios adotados para seleção dos estudos encontram-se detalhados na Tabela 1. Esses parâmetros foram fundamentais para assegurar o rigor metodológico e a coerência temática da amostra.

Tabela 1 – Critérios de inclusão e exclusão dos estudos analisados.

Fonte: elaborada pelo autor.

Critério	Inclusão	Exclusão
Tipo de publicação	Artigos científicos, dissertações e teses completas	Resumos, comunicações curtas ou trabalhos com dados incompletos
Idioma	Português e inglês	Outros idiomas
Período de publicação	2008–2025	Publicações anteriores a 2008
Foco biológico	Ácaros-praga de importância econômica para a fruticultura	Insetos ou outros artrópodes que não sejam ácaros-praga
Tipo de controle	Fungos entomopatogênicos aplicados isoladamente	Estudos que combinam fungos com outros métodos (óleos vegetais, acaricidas, ácaros predadores)
Disponibilidade	Texto completo disponível	Trabalhos inacessíveis na íntegra ou incompletos
Relevância temática	Estudos relacionados à fruticultura, em campo, estufa ou laboratório	Trabalhos fora do contexto frutícola ou sem relevância prática
Duplicidade	Estudos únicos	Artigos duplicados entre bases de dados

4.4 Extração e análise dos dados

Após a seleção final, as informações foram extraídas de forma sistemática e organizadas em planilhas para análise posterior. As variáveis observadas incluíram:

- Espécie de ácaro-praga e cultura hospedeira;

- Gênero e espécie do fungo entomopatogênico;
- Condições do estudo (campo, laboratório ou estufa);
- Tipo de formulação e forma de aplicação;
- Indicadores de eficiência (taxas de mortalidade, redução populacional, parâmetros biológicos);
- Condições ambientais consideradas (temperatura, umidade e luminosidade);
- Principais conclusões e lacunas de pesquisa identificadas.

A análise combinou interpretação qualitativa, voltada à compreensão das evidências apresentadas, com avaliação quantitativa, destinada a mensurar a frequência de determinadas ocorrências e resultados. Essa integração permitiu compor um panorama técnico e atualizado sobre o uso de fungos entomopatogênicos no manejo de ácaros-praga associados à fruticultura, destacando avanços, limitações e perspectivas de aplicação para futuras pesquisas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise Quantitativa e Critérios de Triagem dos Trabalhos

A Tabela 2 detalha o processo de triagem aplicado nesta pesquisa, demonstrando que, de um universo inicial de buscas, 1.380 trabalhos foram excluídos para a seleção dos 16 artigos finais de alta relevância. A análise dos motivos dessa exclusão revela o perfil da produção científica na área e fundamenta as escolhas metodológicas adotadas.

Tabela 2 – Síntese dos motivos de exclusão dos artigos analisados.

Motivo de Exclusão	Quantidade de Artigos Excluídos
Não estar dentro do período estipulado (2008–2025)	180
Não se tratar de ácaro de importância para a fruticultura	370
Trabalho trazia um ácaro de importância para a fruticultura, porém focado em outra cultura	650

Trabalho em outra língua sem inglês ou português	120
Trabalho estava incompleto	20
Artigos repetidos	40
Total de artigos excluídos	1380
Artigos incluídos na revisão final	16

Fonte: elaborada pelo autor

O principal fator de exclusão, responsável pela retirada de 650 trabalhos, refere-se a estudos que, embora tratassem de ácaros relevantes para a fruticultura (como o *Tetranychus urticae* Koch (Trombidiformes: Tetranychidae), eram focados em outras culturas (grandes commodities como soja, algodão ou milho). Essa distinção é crucial, pois, como apontam Bolland et al. (1998), esses ácaros são polípagos e generalistas, atacando uma vasta gama de hospedeiros. No entanto, as dinâmicas de manejo e o microclima em culturas anuais diferem drasticamente dos pomares frutíferos, o que justificou a exclusão desses dados para evitar distorções nos resultados de eficiência dos fungos.

Em segundo lugar, 370 artigos foram descartados por não tratarem de ácaros de importância para a fruticultura. Isso demonstra que os termos de busca utilizados foram suficientemente abrangentes para captar a literatura da área, exigindo uma triagem manual cuidadosa para separar espécies de ácaros que não causam danos econômicos aos pomares ou que são pragas exclusivas de sistemas florestais ou ornamentais.

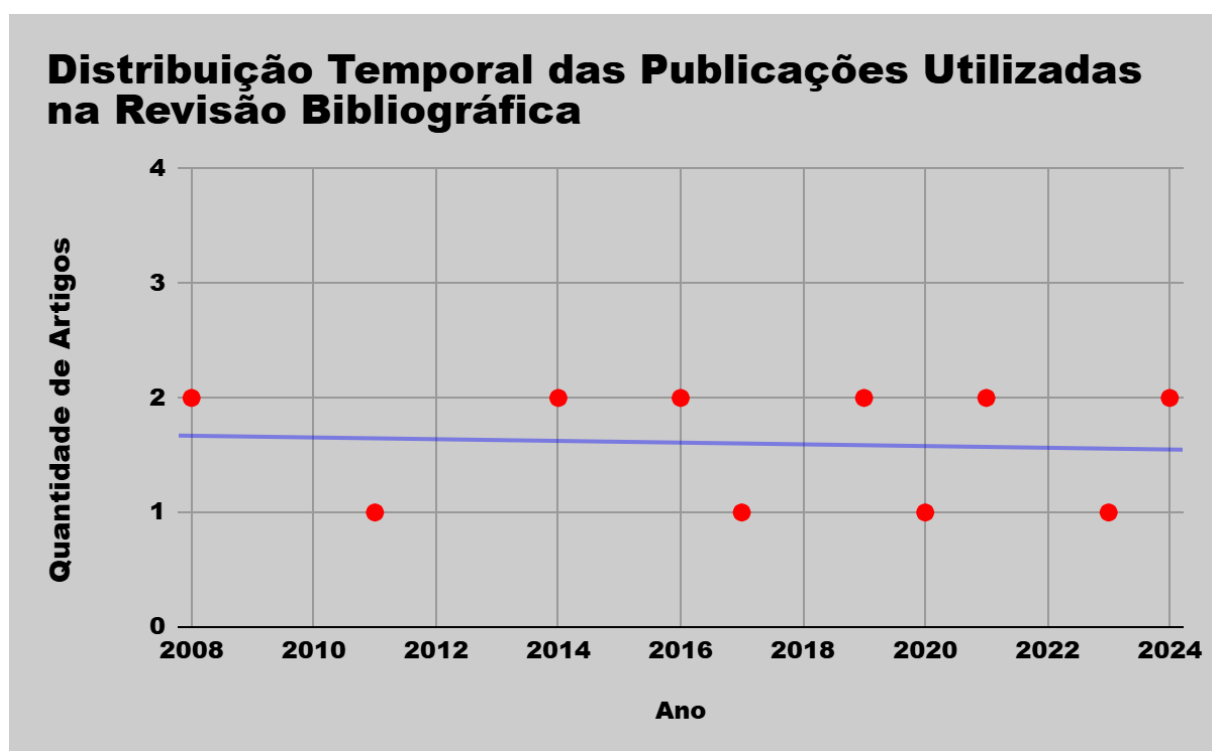
Critérios de acessibilidade e delineamento experimental completaram a triagem. Cerca de 120 trabalhos foram desconsiderados por estarem em idioma estrangeiro sem tradução para inglês ou português, dificultando a análise precisa dos dados.

Por fim, a limpeza da base de dados resultou na exclusão de 20 trabalhos incompletos (resumos simples ou textos sem metodologia clara) e 30 artigos repetidos que foram indexados em duplicidade nas bases de dados. Assim, o portfólio final de 16 artigos representa a "essência" da pesquisa sobre o tema, livre de ruídos metodológicos e focado estritamente na realidade da fruticultura.

5.2. Distribuição Temporal e Espacial das Publicações

Ao analisarmos a linha do tempo desta revisão, que cobre o período de 2008 a 2025, é possível compreender a dinâmica de publicação sobre o controle de ácaros utilizando fungos entomopatogênicos. O Gráfico 1 nos mostra que essa linha de pesquisa manteve uma constância notável nas últimas décadas.

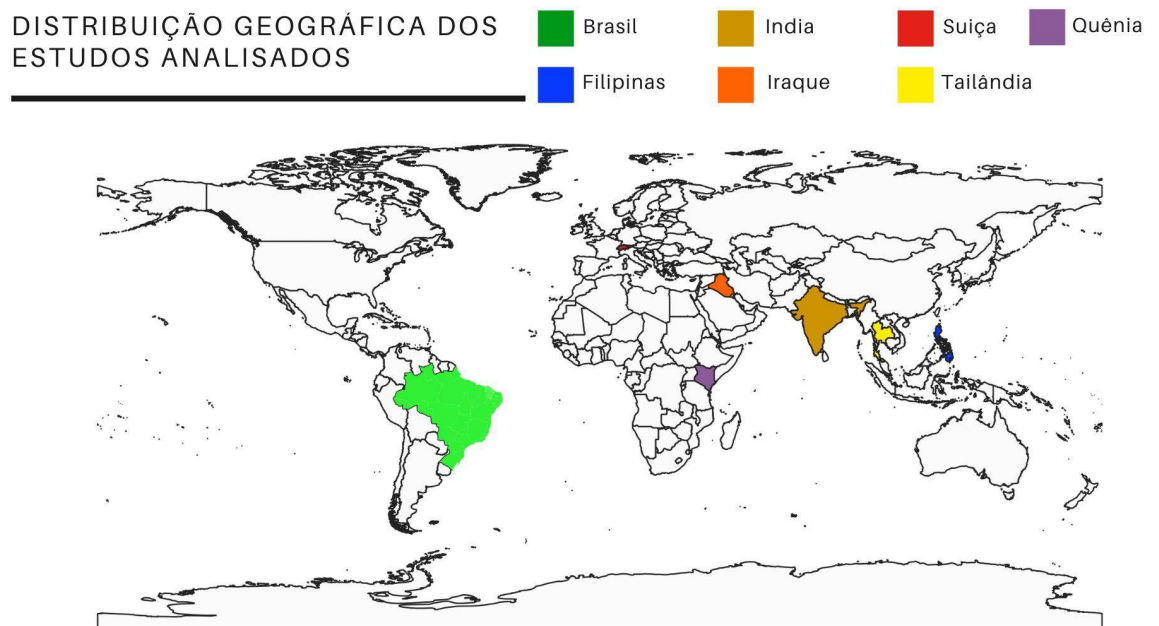
Gráfico 1 – Distribuição temporal das publicações utilizadas na revisão bibliográfica.



Fonte: elaborada pelo autor

Além da análise temporal, a compreensão da distribuição geográfica dos estudos é vital para entender onde essa tecnologia tem sido mais demandada. Ao observarmos a Figura 2, nota-se que o interesse pelo controle fúngico de ácaros transcende fronteiras, mas apresenta um padrão claro de ocorrência.

Figura 2 – Distribuição geográfica mundial dos estudos analisados.



Fonte: elaborada pelo autor

A pesquisa concentra-se majoritariamente em países de clima tropical e subtropical, como Brasil, Índia, Filipinas, Tailândia, Quênia e Iraque, com uma pontual representatividade na Europa (Suíça). Essa predominância no "Sul Global" não é coincidência. Regiões com temperaturas mais elevadas e umidade relativa do ar favorável são ideais tanto para a proliferação rápida dos ácaros-praga quanto para o desenvolvimento dos próprios fungos entomopatogênicos, que dependem dessas condições para infectar o hospedeiro e esporular (ALVES, 1998; GILBERT; GILL, 2010). Portanto, os estudos nessas localidades buscam alinhar as condições naturais do ambiente com a eficiência do controle biológico.

Ao aprofundarmos a análise para o território nacional, conforme ilustrado na figura 3, percebemos que a pesquisa científica acompanha as grandes fronteiras agrícolas do país.

Figura 3 – Distribuição dos estudos revisados nos estados brasileiros.



Fonte: elaborada pelo autor

Os estudos recuperados abrangem uma vasta extensão territorial, desde a região Sul (Rio Grande do Sul e Paraná) e Sudeste (São Paulo e Espírito Santo), até o Nordeste (Sergipe) e Norte (Pará).

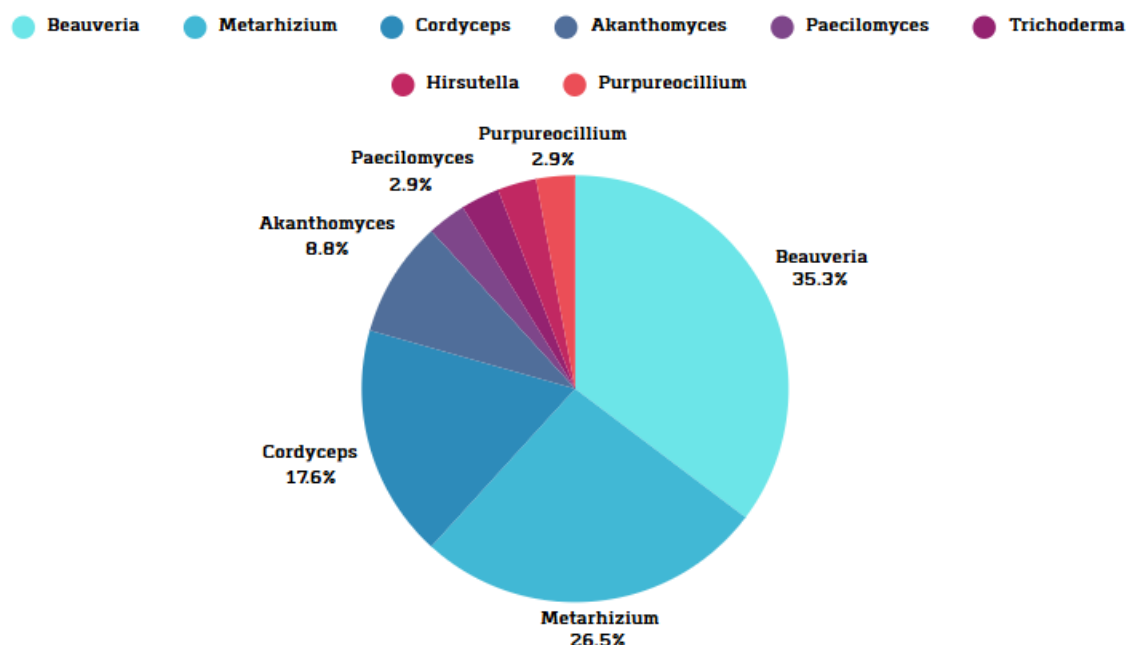
Ademais, essa distribuição reflete a diversidade de culturas frutíferas afetadas por ácaros no Brasil. A presença de trabalhos no Espírito Santo e no Nordeste, por exemplo, sugere uma preocupação com a fruticultura tropical (como mamão e citros), enquanto o Sul foca em culturas de clima temperado e grãos. Isso demonstra que o controle biológico com fungos como *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* está sendo testado e validado nos mais diversos agroecossistemas brasileiros, reforçando seu potencial como uma ferramenta versátil para o Manejo Integrado de Pragas.

5.3 Principais Gêneros Fúngicos Aplicados no Controle de Ácaros

A identificação dos agentes de controle biológico mais promissores é um passo crucial para o desenvolvimento de programas de manejo eficientes. A análise dos trabalhos selecionados permitiu mapear quais gêneros de fungos entomopatogênicos têm sido prioritariamente investigados para o controle de ácaros na fruticultura. O Gráfico 2 ilustra a predominância de determinados grupos taxonômicos nas pesquisas atuais.

Gráfico 2 – Gêneros de fungos entomopatogênicos mais utilizados nos trabalhos analisados

Principais Gêneros de Fungos entomopatogênicos aplicados no controle de Ácaros Pragas de Importancia para a Fruticultura



Fonte: elaborada pelo autor

Os dados revelam uma hegemonia clara de dois gêneros principais: *Beauveria* (Hypocreales: Cordycipitaceae, Vuillemin 1912), que corresponde a 35,3% dos estudos, seguido por *Metarhizium* (Hypocreales: Clavicipitaceae, Sorokin 1883), com 26,5%, juntos representam mais de 60% de todo o esforço de pesquisa na área. Essa preferência acadêmica e comercial não é acidental, Segundo Silva (2006) e Leite et al. (2011), a ampla utilização desses entomopatógenos deve-se, principalmente, à facilidade de produção massal em meios de cultura artificiais e à sua natureza generalista, o que lhes confere a capacidade de infectar uma vasta gama de hospedeiros.

No caso específico de *Beauveria* spp., sua liderança no gráfico reflete sua posição como um dos fungos mais estudados mundialmente. Além de sua ocorrência natural cosmopolita em solos e insetos (PIRES, 2002), este gênero apresenta isolados com alta virulência comprovada contra ácaros fitófagos, como o *Tetranychus urticae* (TAMAI et al., 1999).

O terceiro grupo de maior representatividade no levantamento é constituído pelo gênero *Cordyceps* (17,6%). Os dados quantitativos originalmente atribuídos a *Cordyceps* foram unificados com *Cordyceps* nesta análise, atendendo às diretrizes filogenéticas atuais que extinguiram a nomenclatura dual para estes fungos pleomórficos.

Na sequência, destaca-se o gênero *Akanthomyces* (8,8%), adotado neste estudo para classificar os registros anteriormente identificados como *Lecanicillium*. Essa atualização baseia-se na transferência da espécie-tipo *Lecanicillium lecanii* para *Akanthomyces*, fundamentada na prioridade taxonômica e em evidências moleculares que demonstraram o parafiletismo do antigo gênero. Em menores proporções, constam os gêneros *Paecilomyces*, *Purpureocillium* e *Hirsutella* (2,9% cada), cujas frequências reduzidas sugerem nichos de pesquisa mais restritos ou desafios técnicos de produção massal quando comparados aos generalistas predominantes.

Portanto, o cenário observado confirma que a ciência tem focado em microrganismos que aliam alta eficiência biológica (virulência) com viabilidade industrial (produção), características que consolidam *Beauveria* e *Metarhizium* como as principais ferramentas fúngicas disponíveis atualmente para o produtor rural (ALMEIDA; BATISTA FILHO, 2001).

5.4. Caracterização dos Ambientes Experimentais e Metodologias de Aplicação

A análise crítica dos trabalhos selecionados revela que a validação da eficiência dos fungos entomopatogênicos passa por diferentes níveis de complexidade experimental. A Tabela 3 sintetiza as condições metodológicas adotadas pelos autores, permitindo observar uma clara predominância de estudos em ambiente controlado, embora pesquisas em condições de semi-campo (casas de vegetação) e campo comercial também componham o escopo desta revisão.

Tabela 3 - Condições metodológicas dos Experimentos

Título / Autor (Ano)	Fungo(s) Utilizado(s)	Local do Experimento	Forma de Aplicação	Tipo de Formulação	Condições Ambientais
Potencial de <i>Beauveria bassiana</i> no controle de <i>Aceria guerreronis</i> – S.F. Santana (2023)	<i>Beauveria bassiana</i>	Laboratório	Torre de Potter	Suspensão aquosa	25 ± 1 °C, UR 70 ± 10%, fotofase 12h
Potencial Do Uso De Fungos Entomopatogênicos No Controle De <i>Tetranychus urticae</i> Koch (Acari: Tetranychidae) Em Mamoeiro: Efeito De Cultivares Sobre A Patogenicidade - L.B. Moro (2011)	<i>Beauveria bassiana</i> , <i>Metarhizium anisopliae</i> e <i>Akanthomyces longisporum</i>	Laboratório	Torre de Potter	Suspensão aquosa	25 ± 1 °C, fotofase 12h

<p>Eficiência de isolados comerciais de <i>Beauveria bassiana</i> (Bals.) Vuillemin e <i>Metarhizium anisopliae</i> (Metsch.) Sorok (Hypocreales: Cordycipitaceae, Clavicipitaceae) sobre o ácaro rajado <i>Tetranychus urticae</i> Koch (Acari: Tetranychidae) - Márcia Daniela dos Santos (2016).</p>	<p><i>Beauveria bassiana</i>, <i>Metarhizium anisopliae</i></p>	<p>Laboratório</p>	<p>Imersão</p>	<p>Suspensão aquosa</p>	<p>26 ± 2 °C, UR 70 ± 10%, fotofase 12h</p>
<p>Uso De <i>Beauveria bassiana</i> (Bals.) Vuill. No Controle Do <i>Tetranychus urticae</i> Na Cultura Do Morangueiro - Mateus Bin (2021)</p>	<p><i>Beauveria bassiana</i> (IBCB 66)</p>	<p>Laboratório</p>	<p>Borrifador manual</p>	<p>Suspensão aquosa</p>	<p>23 ± 2 °C / 48h</p>
<p>Efficiency Evaluation Of Some Entomopathogenic Fungi On Dust Mite <i>Oligonychus afrasiaticus</i> (Mcgregor)</p>	<p><i>Beauveria bassiana</i>, <i>Metarhizium acridum</i>, <i>Akanthomyces muscarium</i> e <i>Cordyceps fumosorosea</i></p>	<p>Laboratório</p>	<p>Pulverizador manual</p>	<p>Suspensão aquosa</p>	<p>30 ± 1 °C, UR 40 ± 5%</p>

(Acari: Tetranychidae) - Hatim M. Hussein (2020)					
Entomopathogenic fungi: Control of <i>Aceria guerreronis</i> in commercial planting of <i>Cocos nucifera</i> - Josiane P. de Alfaia (2024)	<i>Beauveria bassiana</i> , <i>Purpureocillium lilacinum</i> , <i>Metarhizium anisopliae</i> e <i>Trichoderma</i> sp.	Campo	Pulverizador costal	Suspensão aquosa	Não especificado
Biological Control of the Raspberry Eriophyoid Mite <i>Phyllocoptes gracilis</i> Using Entomopathogenic Fungi - Camille Minguely (2021)	<i>Beauveria bassiana</i> , <i>Metarhizium anisopliae</i>	Laboratório	Imersão	Suspensão aquosa	25 ± 3 °C, UR 72 ± 10%
Evaluation of entomopathogenic fungi against <i>Raoiella indica</i> Hirst (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae) - Indhusri Chavan (2019)	<i>Beauveria bassiana</i> , <i>Metarhizium anisopliae</i> e <i>Akanthomyces lecanii</i>	Laboratório	Pulverizador manual	Suspensão aquosa	24 ± 1 °C, UR 90–92%

Pathogenicity of three entomopathogenic fungi, <i>Metarhizium anisopliae</i> , <i>Beauveria bassiana</i> , and <i>Paecilomyces lilacinus</i> , to <i>Tetranychus kanzawai</i> infesting papaya seedlings - Yayan Sanjaya (2016)	<i>Beauveria bassiana</i> , <i>Paecilomyces lilacinus</i> , <i>Metarhizium anisopliae</i>	Casa de vegetação	Pulverizador manual	Suspensão aquosa	Não especificado
Evaluation of <i>Metarhizium anisopliae</i> (Deuteromycota: Hyphomycetes) for control of broad mite <i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Acari: Tarsonemidae) in mulberry - Monchan Maketon (2008)	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Estufa	Pulverizador	Suspensão aquosa	26–34 °C; UR 80 ± 5%
Patogenicidade de <i>Cordyceps fumosorosea</i> sobre o ácaro vermelho europeu em laboratório - Cláudia Andréia Gräff (2017)	<i>Cordyceps fumosorosea</i>	Laboratório	Pulverizador	Suspensão aquosa	25 ± 1°C, umidade relativa de 80 ± 5% e fotofase de 14 h.

<p>Patogenicidade de <i>Beauveria bassiana</i>, <i>Cordyceps javanica</i> e <i>I. farinosa</i> sobre <i>Tetranychus urticae</i> - Francilane Nascimento Costa (2019)</p>	<p><i>Beauveria bassiana</i>, <i>Cordyceps javanica</i> e <i>Cordyceps farinosa</i></p>	<p>Laboratório</p>	<p>Pulverizador</p>	<p>Suspensão aquosa</p>	<p>25±1 °C, com UR de 60±10 % e fotoperíodo de 12 h.</p>
<p>Sensibilidade Do Ácaro Da Leprose Dos Citros <i>Brevipalpus yothersi</i> (Acari: Tenuipalpidae) À Aplicação De Diferentes Produtos Químicos, Biológicos E Naturais - Giliadi De Sousa Izidoro (2024)</p>	<p><i>Cordyceps fumosorosea</i>, <i>Cordyceps javanica</i>, <i>Beauveria bassiana</i></p>	<p>Laboratório</p>	<p>Pulverizador</p>	<p>Suspensão aquosa</p>	<p>Não especificado</p>
<p>Efeito de Meios de Cultura na Virulência de <i>Hirsutella thompsonii</i> (Fischer) (Deuteromycetes) para o Controle <i>Brevipalpus phoenicis</i> (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) -</p>	<p><i>Hirsutella thompsonii</i></p>	<p>Laboratório e campo</p>	<p>Pulverizador</p>	<p>Suspensão aquosa</p>	<p>26 ± 0,5°C; 12h de fotofase e 70 ± 10% UR</p>

Luciana S. Rossi-Zalaf (2008)					
Susceptibility of developmental stages of <i>Tetranychus urticae</i> (Acari: Tetranychidae) to infection by <i>Beauveria bassiana</i> and <i>Metarhizium anisopliae</i> (Hypocreales: Clavicipitaceae) - David M. Bugeme (2014)	<i>Metarhizium anisopliae</i> , <i>Beauveria bassiana</i>	Laboratório	Torre de pulverização de Burgerjon	Suspensão aquosa	26 °C. 8C e 60–70%. 26 ^ 28C e 80–95% de UR
Selection and characterization of <i>Beauveria</i> spp. isolates to control the broad mite <i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks, 1904) (Acari: Tarsonemidae) - C. C. Martins (2016)	<i>Beauveria</i> spp.	Laboratório, casa de vegetação e campo	Torre de Potter	Suspensão aquosa	26 ± 1 °C; UR 70 ± 10%; fotofase 14h

Fonte: elaborada pelo autor.

A preferência por ensaios laboratoriais, observada em estudos como os de Santana (2023), Gräff (2017) e Costa (2019), justifica-se pela necessidade de isolar variáveis. Nesses ambientes, fatores abióticos como temperatura, umidade relativa (UR) e fotofase são rigorosamente monitorados, garantindo que a mortalidade do ácaro seja atribuída

precipuaamente à virulência do patógeno e não a estresses ambientais externos. A maioria desses bioensaios padronizou a temperatura na faixa ótima para o desenvolvimento fúngico, entre 25°C e 26°C, conforme verificado em Moro (2011) e Santos (2016).

Entretanto, é fundamental destacar trabalhos que desafiaram os isolados fúngicos em condições mais extremas ou variáveis. Hussein (2020), por exemplo, conduziu avaliações a 30°C e umidade relativa de 40%, simulando um ambiente de estresse hídrico e térmico que reflete melhor as condições áridas de certas regiões produtoras. Em contrapartida, Chavan (2019) trabalhou com umidade elevada (90–92%), favorecendo a germinação dos conídios.

5.4.1. Tecnologias de Aplicação e Formulações

A forma como o inóculo atinge o alvo é determinante para o sucesso do controle biológico. A análise dos métodos de aplicação revela três estratégias principais:

1. Imersão: Utilizada por Santos (2016) e Minguely (2021). Embora garanta o contato total do ácaro com a calda, essa técnica pode superestimar a eficiência do produto em comparação com a realidade de campo, onde a cobertura perfeita é rara.
2. Pulverização de Precisão (Torre de Potter/Burgerjon): Adotada por Santana (2023), Moro (2011), Bugeme (2014) e Martins (2016). Esses equipamentos asseguram uma deposição uniforme e calibrada dos conídios, sendo o padrão-ouro para bioensaios toxicológicos e determinação de CL50.
3. Pulverização Manual/Costal: Empregada na maioria dos estudos de campo e estufa, como em Alfaia (2024), Sanjaya (2016), Maketon (2008) e Rossi-Zalaf (2008). Essa metodologia aproxima os resultados da realidade operacional do produtor rural.

No que tange às formulações, observa-se uma homogeneidade nas pesquisas: praticamente todos os trabalhos utilizaram suspensões aquosas dos conídios (Tabela 4). A ausência de formulações oleosas ou encapsuladas nos estudos revisados sugere uma lacuna tecnológica importante, visto que formulações mais complexas poderiam proteger os propágulos fúngicos da radiação UV e da dessecação, aumentando a persistência no campo, especialmente nas condições desafiadoras da Amazônia citadas por Alfaia (2024) ou nas estufas de alta temperatura mencionadas por Maketon (2008).

5.4.2. Transição do Laboratório para o Campo

A validação agronômica dos resultados laboratoriais é um passo crítico. Estudos como os de Martins (2016) e Rossi-Zalaf (2008) destacam-se por conduzirem experimentos que transitam do laboratório para o campo, oferecendo uma visão mais holística da ferramenta biológica. Alfaia (2024), ao testar *Beauveria bassiana*, *Purpureocillium lilacinum* e *Metarhizium anisopliae* diretamente em plantio comercial de coco com pulverizador costal, demonstrou que, mesmo sem o controle ambiental do laboratório, é possível obter redução populacional da praga, validando a robustez desses agentes de biocontrole.

Em suma, enquanto os ensaios de laboratório (BIN, 2021; IZIDORO, 2024) fornecem a base toxicológica necessária para a seleção de isolados virulentos, são os ensaios em condições de cultivo (SANJAYA, 2016; ALFAIA, 2024) que determinam a viabilidade técnica da adoção dessas ferramentas no Manejo Integrado de Pragas.

5.5 Análise de Desempenho: Eficiência Individual e Estratégias de Associação

A viabilidade do controle biológico não deve ser mensurada apenas pela capacidade de um microrganismo causar infecção em condições ideais, mas sim pela sua consistência em reduzir populações da praga a níveis abaixo do dano econômico. A análise dos dados quantitativos extraídos dos estudos selecionados permitiu categorizar o desempenho dos fungos entomopatogênicos em dois cenários distintos: a aplicação isolada (controle inundativo clássico) e a aplicação conjunta (estratégias de compatibilidade e sinergismo).

5.5.1. Eficiência Individual dos Agentes Fúngicos

A avaliação da performance isolada dos fungos revela um cenário de alta variabilidade, onde o sucesso do controle depende intrinsecamente da combinação correta entre o isolado fúngico e a espécie do ácaro alvo. A análise dos dados compilados na Tabela 4 permite distinguir claramente quais isolados apresentam potencial biocontrolador e quais demonstram baixa virulência para determinadas pragas.

Tabela 4 - Detalhamento dos dados sobre a eficiência individual dos fungos usados no controle de ácaros.

Identificação	Fungo + Ácaro (Espécie e Fase)	Eficiência do uso do fungo no controle (%)	Referência (Autor/Ano)
1	<i>Beauveria bassiana</i> + <i>Tetranychus urticae</i>	32,5% (Baixa eficiência neste estudo)	Bin (2021)
2	<i>Beauveria bassiana</i> + <i>Phyllocoptes gracilis</i>	80,00%	Minguely et al. (2021)
3	<i>Metarhizium anisopliae</i> + <i>Phyllocoptes gracilis</i>	76,00%	Minguely et al. (2021)
4	<i>Akanthomyces lecanii</i> + <i>Raoiella indica</i>	92,00%	Chavan et al. (2019)
5	<i>Metarhizium anisopliae</i> + <i>Raoiella indica</i>	90,00%	Chavan et al. (2019)
6	<i>Beauveria bassiana</i> + <i>Raoiella indica</i>	86,67%	Chavan et al. (2019)
7	<i>Metarhizium anisopliae</i> + <i>Tetranychus kanzawai</i>	100,0% (LT50 em 3 dias)	Sanjaya et al. (2016)
8	<i>Beauveria bassiana</i> + <i>Tetranychus kanzawai</i>	100,0% (LT50 em 4 dias)	Sanjaya et al. (2016)
9	<i>Paecilomyces lilacinus</i> + <i>Tetranychus kanzawai</i>	100,0% (LT50 em 6 dias)	Sanjaya et al. (2016)
10	<i>Beauveria bassiana</i> (Comercial) + <i>Tetranychus urticae</i>	Baixa (Não diferiu da testemunha)	Moro et al. (2011)
11	<i>Metarhizium anisopliae</i> + <i>Tetranychus urticae</i>	Baixa (Não diferiu da testemunha)	Moro et al. (2011)
12	<i>Akanthomyces longisporum</i>	Baixa (Não diferiu da	Moro et al.

	+ <i>Tetranychus urticae</i>	testemunha)	(2011)
13	<i>Beauveria bassiana</i> (Isolado IBCB66) + <i>Tetranychus urticae</i>	86,30%	Santos et al. (2016)
14	<i>Metarhizium anisopliae</i> (Isolado IBCB425) + <i>Tetranychus urticae</i>	75,00%	Santos et al. (2016)
17	<i>Beauveria bassiana</i> (Isolado Unioeste 4) + <i>Polyphagotarsonemus latus</i>	97,50%	Martins et al. (2016)
18	<i>Cordyceps fumosorosea</i> + <i>Brevipalpus yothersi</i>	97,18% (Eficiência)	Izidoro (2024)
19	<i>C. javanica</i> + <i>B. bassiana</i> (Mistura) + <i>Brevipalpus</i> <i>yothersi</i>	13,57% (Baixa eficiência)	Izidoro (2024)
20	<i>Cordyceps fumosorosea</i> + <i>Panonychus ulmi</i> (Fêmeas)	90,0% (Mortalidade Total)	Gräff et al. (2017)
21	<i>Cordyceps fumosorosea</i> + <i>Panonychus ulmi</i> (Ovos)	55,6% (Não eclosão)	Gräff et al. (2017)
22	<i>Beauveria bassiana</i> (Comercial) + <i>Tetranychus</i> <i>urticae</i>	52,0% (Eficiência Agrônômica)	Costa (2019)
23	<i>Cordyceps javanica</i> + <i>Tetranychus urticae</i>	Ineficiente (-4,0%)	Costa (2019)
26	<i>Hirsutella thompsonii</i> + <i>Brevipalpus phoenicis</i>	83,5% (Mortalidade corrigida)	Rossi-Zalaf et al. (2008)
27	<i>Metarhizium acridum</i> +	92,00%	Hussein et al.

	<i>Oligonychus afrasiaticus</i>		(2020)
28	<i>Akanthomyces muscarium</i> + <i>Oligonychus afrasiaticus</i>	92,00%	Hussein et al. (2020)
29	<i>Beauveria bassiana</i> + <i>Oligonychus afrasiaticus</i>	88,00%	Hussein et al. (2020)
30	<i>Cordyceps fumosorosea</i> + <i>Oligonychus afrasiaticus</i>	73,30%	Hussein et al. (2020)
31	<i>Purpureocillium lilacinum</i> + <i>Aceria guerreronis</i>	91,0% a 92,0% (Redução populacional)	Alfaia et al. (2024)
32	<i>Beauveria bassiana</i> + <i>Aceria guerreronis</i>	36,0% a 69,0% (Redução populacional)	Alfaia et al. (2024)
33	<i>Metarhizium anisopliae</i> + <i>Aceria guerreronis</i>	18,0% a 41,0% (Redução populacional)	Alfaia et al. (2024)
34	<i>Beauveria bassiana</i> + <i>Aceria guerreronis</i>	Alta Letalidade (CL50 = 1,31 x 10 ⁵)	Santana et al. (2023)

Fonte: elaborada pelo autor.

A leitura da Tabela 3 evidencia a importância da especificidade. Observa-se que a espécie *Beauveria bassiana*, embora seja extremamente eficiente para o *O. yothersi*, atingindo mortalidade de até 92% com isolados da UNIOESTE (RODE, 2020), mostra-se ineficiente para o controle do ácaro-da-leprose (*Brevipalpus phoenicis*), com taxas inferiores a 30% (ROSSI, 2002). Para este tenuipalpídeo (*B. phoenicis*), o fungo especialista do gênero *Hirsutella* sp. foi a única opção capaz de promover controle satisfatório (>90%).

Outro ponto de destaque é a superioridade de determinados isolados dentro de uma mesma espécie fúngica. No controle do ácaro-verde-da-mandioca (*Mononychellus tanajoa*), o produto formulado à base de *Metarhizium anisopliae* alcançou quase a totalidade de controle (99%), posicionando-se como uma ferramenta mais robusta em laboratório do que algumas cepas de *B. bassiana* testadas simultaneamente (SANTOS, 2025). Da mesma forma, para o ácaro da leprose (*Brevipalpus yothersi*), o uso isolado de *Cordyceps fumosorosea* (97,18% de

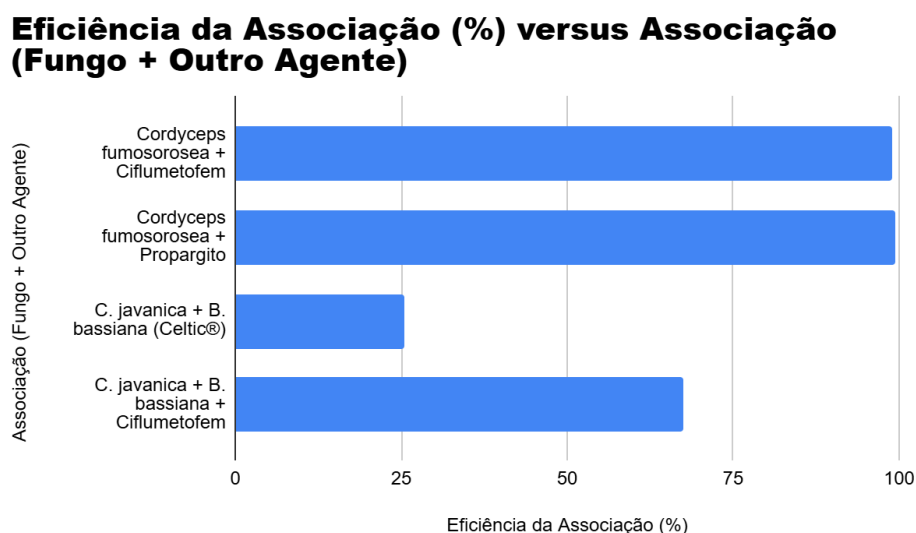
eficiência) foi drasticamente superior à tentativa de uso de uma mistura de fungos (*C. javanica* + *B. bassiana*), que resultou em apenas 13,57% de controle, sugerindo que a competição ou incompatibilidade entre microrganismos na mistura pode anular o efeito de controle (IZIDORO, 2024).

Por fim, a eficácia em condições de semi-campo reforça o potencial de *Cordyceps* sp. e *Beauveria* sp. para tetraniquídeos em plantas ornamentais, com mortalidades acima de 95% (LIMA; MARVÃO, 2020), validando que, quando o isolado é corretamente selecionado, os fungos podem superar a eficácia de acaricidas químicos que sofrem com problemas de resistência.

5.5.2. Estratégias de Associação: Sinergismo e Antagonismo

A complexidade dos agroecossistemas modernos muitas vezes exige a integração de métodos. A análise das associações entre fungos e outros agentes (químicos ou biológicos) revela que essa prática pode resultar tanto em sinergismo, potencializando o controle, quanto em antagonismo, anulando os efeitos benéficos.

Gráfico 3 – Eficiência de associações e misturas



Fonte: elaborada pelo autor.

Os resultados mais promissores advêm da integração racional entre controle biológico e químico. Izidoro (2024) demonstrou um claro efeito sinérgico ao combinar o fungo *Cordyceps fumosorosea* com acaricidas sintéticos como Ciflumetofem e Propargito. Enquanto

a aplicação isolada de *C. fumosorosea* resultou em uma eficiência de 97,18% , a associação com os acaricidas elevou este índice para patamares superiores a 98%. Esse incremento sugere que o estresse fisiológico causado pelo químico pode tornar o ácaro mais suscetível à infecção fúngica, ou vice-versa, acelerando o colapso populacional da praga de forma mais efetiva do que o uso isolado dos agentes.

Por outro lado, a mistura de agentes biológicos nem sempre resulta em efeitos aditivos. A combinação comercial de *Cordyceps javanica* e *Beauveria bassiana* testada por Izidoro (2024) apresentou um desempenho insatisfatório (variando entre 13% e 25%), significativamente inferior ao uso isolado de *C. fumosorosea*. Esse antagonismo funcional pode ocorrer devido à competição por recursos ou produção de metabólitos secundários inibitórios entre as espécies fúngicas.

A compatibilidade com produtos fitossanitários alternativos (como óleos e caldas) também é uma variável chave. Santana et al. (2023) observaram que, enquanto o óleo mineral foi seletivo e compatível com *B. bassiana*, a calda sulfocálcica inibiu o crescimento micelial do fungo. Tais dados reforçam que a adoção de estratégias conjuntas no Manejo Integrado de Pragas (MIP) exige validação prévia de compatibilidade para evitar a "inativação" da ferramenta biológica no tanque de pulverização.

5.6. Principais Lacunas Científicas e Desafios Tecnológicos

A sistematização dos resultados obtidos nesta revisão permite inferir que, embora o controle fúngico de ácaros seja uma realidade experimental consolidada, sua transposição para a prática agrícola em larga escala enfrenta gargalos técnicos distintos. A identificação dessas lacunas é fundamental para direcionar futuras investigações e otimizar o uso desses agentes no Manejo Integrado de Pragas (MIP).

5.6.1. A Necessidade de Validação em Escala de Campo

A lacuna mais expressiva identificada no portfólio bibliográfico é a descontinuidade entre os ensaios de laboratório e a validação agrônômica. Uma parcela significativa dos estudos, como os de Bin (2021), Hussein et al. (2020) e Chavan et al. (2019), restringiu-se a bioensaios *in vitro*, onde as condições ambientais são otimizadas para o patógeno.

Embora esses trabalhos tenham comprovado a patogenicidade de *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Akanthomyces lecanii*, autores como Gräff et al. (2017) e Santos et al. (2016) enfatizam que resultados de mortalidade em placas de Petri não garantem eficácia no campo. A radiação ultravioleta, a arquitetura foliar e a microclima do dossel são variáveis que podem reduzir drasticamente a performance do fungo, exigindo, portanto, protocolos experimentais que avancem para casas de vegetação e cultivos comerciais, como sugerido por Minguely et al. (2021) para o controle de ácaros eriofídeos crípticos.

5.6.2. Tecnologia de Formulação e Adjuvantes

A persistência do inóculo no ambiente é um ponto crítico. Sanjaya et al. (2016) discutem que formulações baseadas apenas em água (suspensões aquosas) muitas vezes falham em garantir a adesão adequada dos conídios à cutícula hidrofóbica dos ácaros ou em manter a viabilidade fúngica sob baixa umidade.

A lacuna tecnológica reside no desenvolvimento de formulações avançadas. Martins et al. (2016) apontam a necessidade de incorporar fotoprotetores ou bases oleosas para viabilizar o uso de *Beauveria* spp. em regiões de alta insolação. Alfaia et al. (2024), ao observarem variabilidade no controle de campo, reforçam que a estabilidade da formulação é vital para garantir resultados consistentes em grandes áreas.

5.6.3. Interações no Manejo Integrado (Compatibilidade)

A inserção dos fungos em programas de manejo exige garantias de compatibilidade. Santana et al. (2023) avançaram ao testar a compatibilidade *in vitro* de fungos com defensivos, mas a validação dessas interações em misturas de tanque e aplicações reais (*in vivo*) permanece como uma fronteira a ser explorada.

Izidoro (2024) evidenciou essa complexidade ao demonstrar que certas misturas de biológicos podem ser antagônicas, enquanto a associação com químicos específicos pode ser sinérgica. A lacuna, portanto, é o estabelecimento de tabelas de compatibilidade robustas que orientem o produtor sobre o que pode ou não ser misturado no tanque pulverizador.

5.6.4. Qualidade do Inóculo e Seleção de Linhagens

Por fim, existem desafios ligados à produção e seleção dos agentes. Rossi-Zalaf et al. (2008) demonstraram que o meio de cultura utilizado na produção massal influencia

drasticamente a virulência de *Hirsutella thompsonii*, indicando que a otimização industrial é vital para manter a agressividade do fungo.

Paralelamente, a ineficácia de produtos comerciais relatada por Moro et al. (2011) e Costa (2019) reforça que a simples identificação da espécie fúngica não é suficiente. Há uma necessidade contínua de prospecção e triagem de isolados específicos para cada patossistema, bem como o entendimento da suscetibilidade das diferentes fases de desenvolvimento da praga (ovo, larva, ninfa), conforme explorado por Bugeme et al. (2014).

CONCLUSÃO

Conclui-se que o uso de fungos entomopatogênicos consolidou-se como uma ferramenta real e eficaz para a fruticultura, superando a fase experimental, desde que respeitada a especificidade entre o isolado e a praga-alvo. A análise demonstra que a viabilidade a campo, diferentemente dos ambientes controlados de laboratório, depende de formulações industriais capazes de proteger os microrganismos de fatores climáticos e do abandono de caldas artesanais. Ademais, os resultados indicam que o sucesso do manejo deve priorizar o sinergismo com acaricidas químicos, evitando a mistura de diferentes espécies fúngicas que pode resultar em antagonismo por competição..

REFERÊNCIAS

ABRAFRUTAS. **Estatísticas de Exportação: Primeiro Trimestre de 2025**. Brasília, DF: Abrafrutas, 2025.

ADÃO, A. C. S. **Fungos entomopatogênicos no manejo de pragas agrícolas: potencial de uso e desafios**. 2022. 85 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2022.

ALBRIGO, L. G.; MCCOY, C. W. Characteristic injury by citrus rust mite to orange leaves and fruit. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 87, p. 48-55, 1974.

ALFAIA, J. P. de. **Entomopathogenic fungi: Control of *Aceria guerreronis* in commercial planting of *Cocos nucifera***. 2024. Manuscrito.

ALMEIDA, J. E. M.; BATISTA FILHO, A. Banco de microrganismos entomopatogênicos. **Biociência**, Brasília, v. 3, n. 20, p. 30-33, 2001.

ALVES, S. B. (Ed.). **Controle microbiano de insetos**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1998. 1163 p.

ALVES, S. B. Perspectivas para utilização de fungos entomopatogênicos no controle de pragas no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, p. 77-86, 1992.

AMRINE, J. W.; STASNY, T. A. H.; FLECHTMANN, C. H. W. **Revised keys to world genera of Eriophyoidea (Acari: Prostigmata)**. West Bloomfield: Indira Publishing House, 2003. 244 p.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2010. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2010. 129 p.

BAKER, E. W. A note on paedogenesis in *Brevipalpus* sp. (Acari: Tenuipalpidae), the first such record for a mite. **International Journal of Acarology**, v. 5, n. 4, p. 355-356, 1979.

BIN, M. **Uso de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. no controle do *Tetranychus urticae* na cultura do morangueiro.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso.

BOLLAND, H. R.; GUTIERREZ, J.; FLECHTMANN, C. H. W. **World Catalogue of the Spider Mite Family (Acari: Tetranychidae).** Leiden: Brill, 1998. 392 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC).** Brasília, DF: MAPA, 2016b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC): resultados do monitoramento de produtos de origem vegetal.** Brasília, DF: MAPA, 2016.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Caderno de agroecologia: princípios e práticas.** Brasília, DF: MDA, 2015a.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Estratégias e manejo alternativo de pragas aplicados à agricultura familiar: experiência de boas práticas de ATER na agricultura familiar e na reforma agrária.** Brasília, DF: MDA, 2015b.

BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. **Cadeia produtiva de frutas.** Brasília: IICA/MAPA/SPA, 2007. v. 7. 102 p.

BUENO, A. D. F. *et al.* Pesticide selectivity to natural enemies: challenges and constraints for research and field recommendation. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 47, n. 6, e20160829, 2017.

BUGEME, D. M. *et al.* Susceptibility of developmental stages of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) to infection by *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 34, n. 3, p. 190-196, 2014.

CASTRO, T. R. de. **Estudos para o desenvolvimento de metodologia da produção *in vivo* do fungo *Neozygites floridana* Weiser e *Muma* para controle do ácaro *Tetranychus urticae* Koch.** 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências – Entomologia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

CHAVAN, I. *et al.* Evaluation of entomopathogenic fungi against *Raoiella indica* Hirst (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae). **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 7, n. 2, p. 123-127, 2019.

CHIAVEGATO, L. G.; SALIBE, A. A. Transmissibility of leprosis symptoms by *Brevipalpus phoenicis* to young citrus plants under laboratory conditions. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL ORGANIZATION OF CITRUS VIROLOGISTS, 9., 1983, Riverside. **Proceedings...** Riverside: IOCV, 1984. p. 218-221.

COSTA, F. N. **Patogenicidade de *Beauveria bassiana*, *Isaria javanica* e *I. farinosa* sobre *Tetranychus urticae***. 2019. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Biotecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstreams/93427bfc-9c1d-4849-810d-d35d5ffeed40/download>. Acesso em: 07 jan. 2026.

CROPLIFE BRASIL. **Mercado de bioinsumos cresceu 15% na safra 2023/2024**. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/mercado-de-bioinsumos-cresceu-15-na-safra-2023-2024/>. Acesso em: 07 jan. 2026.

CROSSLEY, D. A.; MUELLER, B. R.; PERDUE, J. C. Biodiversity of microarthropods in agricultural soils: relations to processes. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 40, n. 1-4, p. 37-46, 1992.

DUFFLES, R. **Agronegócio: Brasil bate recorde na exportação de frutas com receita de US\$ 1 bi em 2021. Isto é Dinheiro**, São Paulo, 29 jan. 2021. Disponível em: <https://www.istoedinheiro.com.br/agronegociobrasil-bate-recorde-na-exportacao-de-frutas-com-receita-de-us-1-bi-em-2021/>. Acesso em: 25 dez. 2025.

EDGE, V. E.; JAMES, D. G. Detection of cyhexatin resistance in twospotted mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae) in Australia. **Journal of the Australian Entomological Society**, Orange, v. 21, p. 198, 1982.

EDGE, V. E.; JAMES, D. G. Organo-tin resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in Australia. **Journal of Economic Entomology**, v. 79, p. 1477-1483, 1986.

EMBRAPA RECURSOS GENÉTICOS E BIOTECNOLOGIA. **Controle Biológico**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. Folheto.

ESPARZA MORA, M. A.; CASTILHO, A. M. C.; FRAGA, M. E. Fungos entomopatogênicos: enzimas, toxinas e fatores que afetam a diversidade. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 18, n. 3, p. 335-349, 2016.

FACHINELLO, J. C. *et al.* Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 109-120, 2011. Volume Especial.

FAO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO. **FAOSTAT**. Divisão de estatística. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>. Acesso em: 23 dez. 2025.

FRANCO, C. R. *et al.* Resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) a acaricidas inibidores da respiração celular em citros: resistência cruzada e custo adaptativo. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 36, n. 4, p. 565-576, 2007.

GEORGHIU, G. P. Principles of insecticide resistance management. **Phytoprotection**, Quebec, v. 75, n. 4, p. 51-59, 1994.

GEORGHIU, G. P.; TAYLOR, C. E. Factors influencing the evolution of resistance. *In*: NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Pesticide resistance: strategies and tactics for management**. Washington, DC: National Academy Press, 1986. p. 157-169.

GILBERT, L. I.; GILL, S. S. (Eds.). **Insect Control: Biological and Synthetic Agents**. London: Academic Press, 2010. 476 p.

GRAFTON-CARDWELL, E. E.; GRANETT, J.; LEIGH, T. F. Spider mites species (Acari: Tetranychidae) response to propargite: Basis for an acaricide resistance management program. **Journal of Economic Entomology**, v. 80, p. 579-587, 1987.

GRÄFF, C. A. *et al.* Patogenicidade de *Isaria fumosorosea* sobre o ácaro vermelho europeu em laboratório. **Biotemas**, v. 30, n. 1, p. 73-78, 2017.

HEADRICK, D. H.; GOEDEN, R. D. Biological control as a tool for ecosystem management. **Biological Control**, v. 21, p. 249-257, 2001.

HUSSEIN, H. M. *et al.* Efficiency evaluation of some entomopathogenic fungi on dust mite *Oligonychus afrasiaticus* (McGregor). **Journal of Plant Protection and Pathology**, v. 11, n. 12, p. 645-649, 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pam/default.asp?o=27&i=P>. Acesso em: 23 dez. 2025.

IBRAF – INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS. **Cadeia produtiva de frutas**. Brasília: MAPA, 2007. Disponível em: http://www.ibraf.org.br/servicos/ser_documentos.asp. Acesso em: 23 dez. 2025.

IMMEDIATO, D. *et al.* Storage of *Beauveria bassiana* Conidia Suspension: A Study Exploring the Potential Effects on Conidial Viability and Virulence against *Dermanyssus gallinae* de Geer, 1778 Acari: Dermanyssidae. **Annals of Biological Sciences**, v. 5, n. 2, p. 69-76, 2017.

INGLIS, G. D.; GOETTEL, M. S.; BUTT, T. M.; STRASSER, H. Use of Hyphomycetous fungi for managing insect pests. *In*: BUTT, T. M.; JACKSON, C.; MAGAN, N. (Eds.). **Fungi as Biocontrol agents: Progress, Problems and Potential**. Wallingford: CAB International, 2001. p. 225-237.

IZIDORO, G. de S. **Sensibilidade do ácaro da leprose dos citros *Brevipalpus yothersi* (Acari: Tenuipalpidae) à aplicação de diferentes produtos químicos, biológicos e naturais**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2024.

JEPPSON, L. R.; KEIFER, H. H.; BAKER, E. W. **Mites injurious to economic plants**. Berkeley: University of California Press, 1975. 614 p.

KIM, J. S.; JE, Y. H.; WOO, E. O. Roles of adjuvants in aphicidal activity of enzymes from *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales) SFB-205 supernatant. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 13, n. 4, p. 345-350, 2010.

KITAJIMA, E. W.; CHAGAS, C. M.; RODRIGUES, J. C. V. *Brevipalpus*-transmitted plant virus and virus-like diseases: cytopathology and some recent cases. **Experimental and Applied Acarology**, v. 30, p. 135-160, 2003a.

KITAJIMA, E. W.; REZENDE, J. A. M.; RODRIGUES, J. C. V. Passion fruit green spot virus vectored by *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) on passion fruit in Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, v. 30, p. 225-231, 2003b.

LARA, L. M. *et al.* Precision agriculture trends in fruit growing from 2016 to 2020. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 43, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-29452021096>. Acesso em: 23 dez. 2025.

LEITE, M. S. P. *et al.* Seleção de isolados de fungos entomopatogênicos para o controle de *Hedypathes betulinus* e avaliação da persistência. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 3, p. 619-628, 2011.

LIMA, M. C. S.; MARVÃO, L. S. Manejo de ácaros tetraniquídeos em rosa do deserto (*Adenium obesum* Forssk. Roem. & Schult) com fungos entomopatogênicos. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, e956986324, 2020.

LINDQUIST, E. E. The world genera of Tarsonemidae (Acari: Heterostigmata): a morphological, phylogenetic, and systematic revision, with a reclassification of family-group taxa in the Heterostigmata. **Memoirs of the Entomological Society of Canada**, v. 136, 517 p., 1986.

MAKETON, M. *et al.* Evaluation of *Metarhizium anisopliae* for control of broad mite *Polyphagotarsonemus latus* in mulberry. **Experimental Agriculture**, v. 44, p. 1-10, 2008.

MARQUES, R. P.; MONTEIRO, A. C.; PEREIRA, G. T. Crescimento, esporulação e viabilidade de fungos entomopatogênicos em meios contendo diferentes concentrações do óleo de nim (*Azadirachta indica*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, p. 1675-1680, 2004.

MARTINS, C. C. **Selection and characterization of *Beauveria* spp. isolates to control the broad mite *Polyphagotarsonemus latus***. 2016. Tese (Doutorado em Agronomia).

MINEIRO, J. L. de C.; MORAES, G. J. de. Ácaros (Arachnida, Acari) de importância agrícola. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 69, p. 1-68, 2002. Suplemento técnico.

MINGUELY, C. *et al.* Biological control of the raspberry eriophyoid mite *Phyllocoptes gracilis* using entomopathogenic fungi. **Insects**, v. 12, n. 7, p. 633, 2021.

MONTEIRO, L. B. Ocorrência de *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) em videiras em Bento Gonçalves, RS, Brasil. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 23, n. 2, p. 349-350, 1994.

MORO, L. B. **Potencial do uso de fungos entomopatogênicos no controle de *Tetranychus urticae* Koch em mamoeiro**: efeito de cultivares sobre a patogenicidade. 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2011.

NAUEN, R. *et al.* IRAC: Insecticide Resistance and Mode-of-action classification of insecticides. *In*: JESCHKE, P. *et al.* (Eds). **Modern Crop Protection Compounds**. 3. ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2019. p. 995-1012.

NÁVIA, D.; FLECHTMANN, C. H. W.; MORAES, G. J. de. **Avaliação do risco de introdução de ácaros fitófagos associados à cultura da uva no Brasil**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1998. 51 p. (Documentos, 32).

NICHOLLS, C. I.; ALTIERI, M. A.; SANDEZ E., J. **Manual practico de control biologico para una agricultura sustentable**. Berkeley: University of California, 1999. 69 p.

NOGUEIRA, L. Insetos e ácaros: resistência a pesticidas e estratégias de manejo. **Revista AgroTecnologia**, Ipameri, v. 11, n. 1, p. 68-74, 2020.

NORTON, R. A. *et al.* Phylogenetic perspectives on genetic systems and reproductive modes of mites. *In*: WRENSCH, D. L.; EBBERT, M. A. (Orgs.). **Evolution and diversity of sex ratio in insects and mites**. New York: Chapman & Hall, 1993. p. 8-99.

NUNES, T. A. **Compatibilidade de diferentes adjuvantes com o fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana***. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado

em Engenharia Agrônômica) – Centro Universitário de Goiás Uni-ANHANGUERA, Goiânia, 2019.

OLIVEIRA, R. C.; NEVES, P. M. O. J.; ALVES, L. F. A. Seleção de fungos entomopatogênicos para controle de *Oligonychus yothersi* (McGregor) (Acari: Tetranychidae), na cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 33, p. 347-351, 2004.

PIMENTEL, D.; BURGESS, M. Environmental and Economic Costs of the Application of Pesticides Primarily in the United States. *In*: PIMENTEL, D.; PESHIN, R. (Eds). **Integrated Pest Management**. Dordrecht: Springer, 2014. p. 47-71.

PIRES, L. M. *et al.* Seleção de isolados de fungos entomopatogênicos para o controle de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 69, supl., p. 77-84, 2002.

PUSPITARINI, R. D. *et al.* Compatibility of *Jatropha curcas* seed extract and entomopathogenic fungus *Akanthomyces lecanii* against the citrus red mite *Panonychus citri*. **Biocontrol Science and Technology**, v. 32, n. 3, p. 299–313, 2021.

RIBEIRO, W. N. Panorama da fruticultura em Goiás: um estudo baseado nos dados do IBGE. **Revista AgroTecnologia**, Anápolis, v. 14, n. 1, p. 60-70, 2023.

RODE, P. de A. **Atividade de um produto à base de azadiractina e de isolados de *Beauveria bassiana* visando ao controle do ácaro-vermelho, *Oligonychus yothersi***. 2020. Dissertação (Mestrado em Conservação e Manejo de Recursos Naturais) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2020.

ROSSI, L. S. **Seleção de fungos entomopatogênicos e infecção de *Hirsutella* sp. em *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939)**. 2002. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

ROSSI-ZALAF, L. S.; ALVES, S. B.; VIEIRA, S. A. Efeito de meios de cultura na virulência de *Hirsutella thompsonii* (Fischer) (Deuteromycetes) para o controle *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes). **Neotropical Entomology**, v. 37, n. 3, p. 312-320, 2008.

SAITO, Y. Internal anatomy. *In*: HELLE, W.; SABELIS, M. W. (Orgs.). **World Crop Pests: Spider mites. Their biology, natural enemies and control.** Amsterdam: Elsevier, 1985. Vol. 1A. p. 253-264.

SAITO, Y. The concept of 'life types' in Tetranychinae – An attempt to classify the spinning behaviour of Tetranychinae. **Acarologia**, v. 24, p. 377-391, 1983.

SANJAYA, Y. *et al.* Pathogenicity of three entomopathogenic fungi, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, and *Paecilomyces lilacinus*, to *Tetranychus kanzawai* infesting papaya seedlings. **Journal of ISSAAS**, v. 22, n. 1, p. 87-95, 2016.

SANTANA, S. F. *et al.* Potencial de *Beauveria bassiana* no controle de *Aceria guerreronis*. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, 2023.

SANTOS, J. A. dos. **Controle microbiano do ácaro praga: *Mononychellus tanajoa* (Bondar, 1938) (Acari: Tetranychidae) em condições de laboratório e semi-campo.** 2025. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2025.

SANTOS, M. D. dos. **Eficiência de isolados comerciais de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin e *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok (Hypocreales: Cordycipitaceae, Clavicipitaceae) sobre o ácaro rajado *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae).** 2016. Dissertação (Mestrado).

SATO, M. E. *et al.* Abamectin resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae): selection, cross-resistance and stability of resistance. **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 6, p. 991-998, 2005.

SATO, M. E. *et al.* Selections for fenpyroximate resistance and susceptibility, and inheritance, cross-resistance and stability of fenpyroximate resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). **Applied Entomology and Zoology**, v. 39, p. 293-302, 2004.

SHI, W. B.; FENG, M. G. Field efficacy of application of *Beauveria bassiana* formulation and low rate pyridaben for sustainable control of citrus red mite *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae) in orchards. **Biological Control**, v. 39, p. 210–217, 2006.

SHI, W. B.; FENG, M. G. Lethal effect of *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, and *Paecilomyces fumosoroseus* on the eggs of *Tetranychus cinnabarinus* (Acari: Tetranychidae) with a description of a mite egg bioassay system. **Biological Control**, v. 30, n. 2, p. 165-173, 2004.

SHI, W. B.; FENG, M. G. Effect of fungal infection on reproductive potential and survival time of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 48, p. 229–237, 2009.

SHI, W. B.; FENG, M. G.; LIU, S. S. Sprays of emulsifiable *Beauveria bassiana* formulation are ovicidal towards *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) at various regimes of temperature and humidity. **Experimental and Applied Acarology**, v. 46, p. 247–257, 2008.

SILVA, C. A. D.; CHIAVEGATO, L. G. Comportamento do ácaro *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) sob condições adversas de ambiente. **Anais do XIV Congresso Brasileiro de Entomologia**, Piracicaba, p. 714, 1993.

SILVA, R. A. da. **Formulação e armazenamento de conídios de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill.** 2006. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

SILVA, R. Z.; NEVES, P. M. O. J. Techniques and parameters used in compatibility tests between *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. and *in vitro* phytosanitary products. **Pest Management Science**, Sussex, v. 61, n. 7, p. 667-674, 2005.

SILVA, T. M. T. *et al.* Panorama da fruticultura no Espírito Santo – Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 8, n. 5, p. 81-89, 2013. Edição Especial.

ST. LEGER, R. J.; COOPER, R. M. Production of cuticle-degrading enzymes by *Metarhizium anisopliae* during infection of cuticles from *Calliphora vomitoria* and *Manduca sexta*. **Journal of General Microbiology**, v. 133, p. 1371-1382, 1987.

STUMPF, N.; NAUEN, R. Cross resistance, inheritance, and biochemistry of mitochondrial electron transport inhibitor-acaricide resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 94, p. 1577-1583, 2001.

TABASHNIK, B. E. Modeling and evaluation of resistance management tactics. *In*: ROUSH, R. T.; TABASHNIK, B. E. (Eds.). **Pesticide resistance in arthropods**. New York: Chapman and Hall, 1990. p. 153-182.

TABASHNIK, B. E. *et al.* Defining terms for proactive management of resistance to Bt crops and pesticides. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 107, n. 2, p. 496-507, 2014.

TAMAI, M. A.; ALVES, S. B.; ALMEIDA, J. E. M. de; FAION, M. Avaliação de fungos entomopatogênicos para o controle de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 69, n. 3, p. 77-84, 2002.

TAMAI, M. A.; ALVES, S. B.; NEVES, P. J. Patogenicidade de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. ao ácaro *Tetranychus urticae* Koch. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 2, p. 285-288, 1999.

VAN DE VRIE, M.; MCMURTRY, J. A.; HUFFAKER, C. B. Ecology of tetranychid mites and their natural enemies: A review. III. Biology, ecology, and pest status, and host-plant relations of tetranychids. **Hilgardia**, Oakland, v. 41, p. 387-403, 1972.

VASYLIEVA, N.; HARVEY, J. Production and trade patterns in the world apple market. **Innovative Marketing**, v. 17, p. 16-25, 2021. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.21511/im.17\(1\).2021.02](http://dx.doi.org/10.21511/im.17(1).2021.02). Acesso em: 23 dez. 2025.

VENZON, M. *et al.* Potencial de defensivos alternativos para o controle do ácaro-branco em pimenta “Malagueta”. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, p. 224-227, 2006.

VIEIRA, M. R. *et al.* Efeito do cultivo do mamoeiro (*Carica papaya* L.) em ambiente protegido sobre a ocorrência de ácaros fitófagos e moscas-brancas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 3, p. 441-445, 2004.

WEEKS, A. R.; MAREK, F.; BREEUWER, J. A. J. A mite species that consists entirely of haploid females. **Science**, v. 292, p. 2479-2482, 2001.

WEKESA, V. W. Avaliação do potencial de *Neozygites floridana* (Entomophthorales: Neozygitaceae) para o controle biológico clássico de *Tetranychus*

evansi (Acari: Tetranychidae) na África. 2008. Tese (Doutorado em Ciências – Entomologia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global Plan for Insecticide Resistance Management in Malaria Vectors**. Geneva: WHO, 2012. Disponível em: <https://apps.who.int/>. Acesso em: 20 nov. 2025.

WU, S. *et al.* Interactions between the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* and the predatory mite *Neoseiulus barkeri* and biological control of their shared prey/host *Frankliniella occidentalis*. **Biological Control**, v. 98, p. 43–51, 2016.

YANINEK, J. S.; HERREN, H. R. Introduction and spread of the cassava green mite, *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acari: Tetranychidae), an exotic pest in Africa and the search for appropriate control methods: a review. **Bulletin of Entomological Research**, v. 78, p. 1-13, 1988.

YANINEK, J. S.; MORAES, G. J. de. A synopsis of classical biological control of mite pests in agriculture. *In*: DUSBABEK, F.; BUKVA, V. (Orgs.). **Modern Acarology**. The Hague: SPB Academic Publishing; Praga: Academia, 1991. v. 1. p. 133-149.

ZHANG, X. N. *et al.* Pathogenic differences of the entomopathogenic fungus *Isaria cateniannulata* to the spider mite *Tetranychus urticae* (Trombidiformes: Tetranychidae) and its predator *Euseius nicholsi* (Mesostigmata: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 75, n. 1, p. 69-84, 2018.