



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**CONTROLE BIOLÓGICO DE *Tetranychus urticae* COM *Beauveria bassiana* E O
ÁCARO PREDADOR *Neoseiulus californicus*, EM PIMENTÃO CULTIVADO
EM CASA DE VEGETAÇÃO**

PALOMA ALVES DA SILVA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF
DEZEMBRO/2025



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**CONTROLE BIOLÓGICO DE *Tetranychus urticae* COM *Beauveria bassiana* E O
ÁCARO PREDADOR *Neoseiulus californicus*, EM PIMENTÃO CULTIVADO
EM CASA DE VEGETAÇÃO**

PALOMA ALVES DA SILVA

ORIENTADOR: WARLEY MARCOS NASCIMENTO
COORIENTADOR: MIGUEL MICHEREFF FILHO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF
DEZEMBRO/2025



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**CONTROLE BIOLÓGICO DE *Tetranychus urticae* COM *Beauveria bassiana* E O
ÁCARO PREDADOR *Neoseiulus californicus*, EM PIMENTÃO CULTIVADO
EM CASA DE VEGETAÇÃO**

PALOMA ALVES DA SILVA

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDO AO PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM AGRONOMIA.**

Aprovada por:

Prof. Dr. Warley Marcos Nascimento, Universidade de Brasília (Orientadora)

Prof.^a Dr.^a Michelle Souza Vilela, Universidade de Brasília (Examinador Interno)

Prof.^a Dr.^a Nayara Cristina Magalhaes Sousa Universidade do Estado de Mato Grosso
(Examinadora Externa)

Brasília-DF, 01 de dezembro de 2025.

FICHA CATALOGRÁFICA

A Alves da Silva, Paloma
 Controle biológico de *Tetranychus urticae* com
 Beauveria bassiana e o ácaro predador *Neoseiulus*
 californicus, em pimentão cultivado em casa de vegetação, /
 Paloma Alves da Silva; orientador Warley Marcos Nascimento;
 co-orientador Miguel Michereff Filho. Brasília, 2025.
 90 p.

 Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade de
 Brasília, 2025.

 1. *Tetranychus urticae*. . 2. *Beauveria bassiana*. . 3.
 Neoseiulus californicus. . 4. Controle biológico. . 5.
 Pimentão. . I. Marcos Nascimento, Warley , orient. II.
 Michereff Filho, Miguel, co-orient. III. Título.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, A.P. Controle biológico de *Tetranychus urticae* com *Beauveria bassiana* e o ácaro predador *Neoseiulus californicus*, em pimentão cultivado em casa de vegetação: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2025. 90 p
Dissertação Mestrado

CESSÃO DE DIREITOS

Nome do autor: Paloma Alves da Silva

Título da dissertação: Controle biológico de *Tetranychus urticae* com *Beauveria bassiana* e o ácaro predador *Neoseiulus californicus*, em pimentão cultivado em casa de vegetação.

Grau: Mestre Ano: 2025

É concedida à Universidade de Brasília de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

Paloma alves da Silva

Endereço: Quadra 05 lote 13 b, beira rio 1. Santo Antonio do Descoberto – Goiás.

CEP: 72900-654 Telefone: 61 99205 – 1136

E-mail: pallloma.alllves@gmail.com

Dedico este trabalho aos meus pais Sócrates Alam e Maria Aparecida, e ao meu filho Arthur e à meu esposo Helio junior, cujos esforços somados para minha formação e conquistas me trouxeram até aqui.

Dedico também à Ciência!

AGRADECIMENTOS

Agradeço com todo o meu carinho à minha família, que foi meu alicerce em todos os momentos. Aos meus pais, Maria Aparecida e Sócrates Alam, pelo amor infinito, pela dedicação incansável e por acreditarem em mim mesmo quando eu duvidava.

À minha irmã, Elaine, por ser presença constante, companheira de todas as horas, e por tornar o caminho mais leve com seu carinho e alegria.

Ao meu esposo, Hélio Júnior, que não apenas me apoiou emocionalmente, mas também esteve ao meu lado em todas as etapas desta caminhada, do planejamento às longas horas no laboratório. Sua paciência, compreensão e incentivo foram essenciais para que eu chegasse até aqui.

Ao meu filho do coração, Arthur, razão da minha força e maior inspiração para seguir em frente mesmo nos momentos mais desafiadores.

Aos meus sogros, Simone e Hélio, e à minha cunhada, Maria Vitória, pelo carinho, incentivo e por acreditarem no meu potencial.

Ao meu orientador, Dr. Warley Marcos do Nascimento, pela orientação durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu coorientador, Dr. Miguel Michereff Filho, um agradecimento especial pela disponibilidade, pelos ensinamentos e pela dedicação constante. Sua orientação, paciência e incentivo foram fundamentais para a realização desta pesquisa e para meu crescimento científico.

Ao pesquisador Rogerio Biaggioni Lopes, da Embrapa Cenagem, agradeço pelo apoio, pela disponibilidade e pelas valiosas contribuições científicas, que foram fundamentais para o desenvolvimento e o fortalecimento desta pesquisa. Estendo também meu sincero agradecimento a toda a equipe do laboratório da Embrapa Cenagem, pelo acolhimento, pela colaboração e pela disposição em ajudar em todos os momentos. Em especial, agradeço à Ana, ao Carlos e aos demais integrantes da equipe, que, mesmo não sendo possível citar todos nominalmente, contribuíram de forma significativa para o andamento do trabalho, sempre com atenção, respeito e apoio técnico.

Aos amigos e a toda a equipe do Laboratório de Entomologia, que estiveram ao meu lado em diferentes etapas dessa caminhada, oferecendo apoio técnico, parceria, incentivo e aprendizado, deixo meu sincero agradecimento.

Em especial, ao Moisés, amigo e companheiro de longa data, que acompanhou toda a minha trajetória e sempre esteve disposto a ajudar e a me apoiar.

Ao Atos, por sua amizade, conselhos e por me estender a mão nos momentos mais difíceis, contribuindo de forma significativa para que eu conseguisse seguir em frente.

Aos amigos Jéssica e Marco, cuja colaboração foi essencial para que minha pesquisa pudesse ser realizada, especialmente durante as atividades de campo, quando ainda atuavam no laboratório.

À minha amiga doutoranda Amanda, uma das pessoas que mais me ajudou durante o mestrado. Sou imensamente grata por toda a paciência, disponibilidade e dedicação em me auxiliar sempre que precisei, especialmente nos momentos de maior desafio. Sua generosidade, amizade e apoio fizeram toda a diferença nesta jornada.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para esta conquista, deixo meu mais sincero e profundo agradecimento.

RESUMO

O pimentão, *Capsicum annuum* L., é uma das hortaliças de grande relevância econômica no Brasil. Apesar do alto potencial produtivo, a cultura sofre severos danos causados pelo ácaro-rajado, *Tetranychus urticae* Koch. Este estudo tem como objetivo avaliar a viabilidade do uso simultâneo do fungo *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. e do predador *Neoseiulus californicus* McGregor no manejo do ácaro-rajado em pimentão sob cultivo protegido. O estudo foi realizado na Embrapa Hortaliças, Gama-DF. No primeiro experimento, em condições de casa de vegetação, com plantas de pimentão cultivadas em vasos determinou-se os efeitos do uso exclusivo e em combinação do isolado CG18 de *B. bassiana* e do predador *N. californicus* sobre a infestação do ácaro-rajado e a população do predador. O fungo foi aplicado em suspensão aquosa de conídios em duas concentrações (1,0 e $2,0 \times 10^8$ conídios/mL) e o predador foi liberado após 6 horas da aplicação do patógeno. As avaliações foram realizadas 1 dia antes e aos 7 e 14 dias da aplicação do fungo. O delineamento foi em blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições. O predador utilizado isoladamente foi mais efetivo contra ovos do ácaro-rajado, na semana da sua liberação. O fungo *B. bassiana* na maior concentração de conídios propiciou a maior redução na densidade de adultos de *T. urticae*, enquanto a combinação do fungo (menor concentração de conídios) e predador apresentou o melhor desempenho contra ovos e imaturos da praga. O fungo foi altamente nocivo ao predador, principalmente na maior concentração de conídios. Foi conduzido um experimento em laboratório, com discos foliares, para testar o fungo em duas preparações (suspensão aquosa – SA e dispersão oleosa de conídios - DO) sobre adultos e ovos de *T. urticae*, com quatro tratamentos, em delineamento inteiramente casualizado. A dispersão oleosa de conídios (DO) do fungo propiciou o maior nível de mortalidade de adultos do ácaro-rajado, porém a porcentagem de eclosão de ovos não diferiu entre as duas preparações do fungo. No segundo experimento em casa de vegetação, seguindo os mesmos procedimentos do primeiro, avaliou-se os efeitos do uso exclusivo e em combinação, de *B. bassiana* em duas preparações de conídios (SA e DO) e do predador *N. californicus*, em delineamento em blocos casualizados, com oito tratamentos e seis repetições. Os adjuvantes da formulação oleosa causaram impacto negativo sobre o predador. A dispersão oleosa do fungo (DO), aplicada isoladamente, foi mais efetiva contra adultos do ácaro-rajado que a suspensão aquosa de conídios (SA), porém, para ovos e imaturos da praga não houve diferença entre as duas preparações. Padrão similar na infestação de *T. urticae* ocorreu no uso conjunto de cada preparação de *B. bassiana* com *N. californicus*. Entretanto, o fungo em suspensão aquosa de conídios foi menos nocivo aos adultos do predador. Os resultados indicaram que não seria recomendável o uso simultâneo de *B. bassiana* e *N. californicus* e que estudos futuros são necessários para determinar a melhor estratégia que combinem esses agentes de controle biológico de *T. urticae*, principalmente envolvendo diferentes intervalos de tempo entre a aplicação do fungo e a liberação do predador.

Palavra-chave: Controle biológico, Compatibilidade, Fungo acaropatógeno, Fitoseídeo, Solanaceae, Tetraniquídeo.

ABSTRACT

Bell pepper, *Capsicum annuum* L., is one of the most economically important vegetables in Brazil. Despite its high productive potential, the crop suffers severe damage caused by the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. This study aims to evaluate the viability of the simultaneous use of the fungus *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. and the predator *Neoseiulus californicus* McGregor in the management of two-spotted spider mite in bell pepper under protected cultivation. The study was conducted at Embrapa Hortaliças, Gama-DF. In the first experiment, under greenhouse conditions, with bell pepper plants grown in pots, the effects of the exclusive and combined use of the CG18 isolate of *B. bassiana* and the predator *N. californicus* on two-spotted spider mite infestation and predator population were determined. The fungus was applied in an aqueous suspension of conidia at two concentrations (1.0 and 2.0×10^8 conidia/mL), and the predator was released 6 hours after the pathogen was applied. Evaluations were performed 1 day before and 7 and 14 days after fungus application. The experimental design was a randomized block design with six treatments and four replications. The predator used alone was more effective against spider mite eggs in the week of its release. The fungus *B. bassiana* at the highest conidia concentration provided the greatest reduction in adult *T. urticae* density, while the combination of the fungus (lower conidia concentration) and predator showed the best performance against eggs and immature stages of the pest. The fungus was highly harmful to the predator, especially at the highest conidia concentration. A laboratory experiment was conducted using leaf discs to test the fungus in two preparations (aqueous suspension – SA and oil dispersion – DO of conidia) on *T. urticae* adults and eggs, with four treatments, in a completely randomized design. The oil dispersion of conidia (DO) of the fungus resulted in the highest mortality rate of adult spider mites, however, the percentage of egg hatching did not differ between the two fungal preparations. In the second greenhouse experiment, following the same procedures as the first, the effects of the exclusive and combined use of *B. bassiana* in two conidia preparations (SA and DO) and the predator *N. californicus* were evaluated in a randomized block design with eight treatments and six replications. The adjuvants in the oil formulation had a negative impact on the predator. The oil dispersion of the fungus (OD), applied alone, was more effective against adult spider mites than the aqueous conidial suspension (SA); however, there was no difference between the two preparations for eggs and immature stages of the pest. A similar pattern in *T. urticae* infestation occurred with the combined use of each *B. bassiana* preparation with *N. californicus*. However, the fungus in aqueous conidial suspension was less harmful to adult predators. The results indicated that the simultaneous use of *B. bassiana* and *N. californicus* would not be recommended and that future studies are needed to determine the best strategy combining these biological control agents for *T. urticae*, especially involving different time intervals between fungus application and predator release.

Keywords: Acaropathogenic fungus, Biological control, Compatibility, Phytoseiid, Solanaceae, Tetranychid.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Adultos do ácaro-rajado *Tetranychus urticae* (Koch, 1836). (A) fêmea; (B) macho. Fonte: Koppert, 2025. 20

Figura 2: Valores médios ($\pm$ EP) de densidade de adultos do predador *Neoseiulus californicus* em folhas de pimentão, utilizado isoladamente ou em combinação com preparações do fungo *Beauveria bassiana*, após 7 e 14 dias da aplicação do fungo nas plantas, em condições de casa de vegetação. 54

Figura 3: Valores médios ($\pm$ EP) de densidade de ovos do predador *Neoseiulus californicus* utilizado isoladamente ou em combinação com preparações do fungo *Beauveria bassiana*, após 7 e 14 dias da aplicação do fungo nas plantas, em condições de casa de vegetação. 55

Figura 4: Valores médios ($\pm$ EP) de densidade de imaturos (larvas+ninfas) do predador *Neoseiulus californicus* utilizado isoladamente ou em combinação com preparações do fungo *Beauveria bassiana*, após 7 e 14 dias da aplicação do fungo nas plantas, em condições de casa de vegetação. 56

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1:** Número médio ($\pm$ EP) adultos de *Tetranychus urticae* por folha em plantas de pimentão cv. Dahara RX, aos 7 e 14 dias da aplicação das preparações do fungo *Beauveria bassiana*, em casa de vegetação. 48
- Tabela 2:** Número médio ($\pm$ EP) de ovos de *Tetranychus urticae* por folha em plantas de pimentão cv. Dahara RX, aos 7 e 14 dias da aplicação das preparações do fungo *Beauveria bassiana*, em casa de vegetação. 49
- Tabela 3:** Número médio ($\pm$ EP) imaturos (larvas+ninfas) de *Tetranychus urticae* por folha em plantas de pimentão cv. Dahara RX, aos 7 e 14 dias da aplicação das preparações do fungo *Beauveria bassiana*, em casa de vegetação. 50
- Tabela 4:** Mortalidade acumulada média de adultos e porcentagem de eclosão de ovos de *Tetranychus urticae* em discos de folhas de feijão-de-porco, aos 4 dias e eclosão de ovos aos 5 dias, após aplicação de preparações de *Beauveria bassiana*, em condições de laboratório ($24,2 \pm 2,6^{\circ}\text{C}$ e $76,5 \pm 21\%$ de UR). 58
- Tabela 5:** Número médio ($\pm$ EP) de adultos de *Tetranychus urticae* por folha em plantas de pimentão cv. Dahara RX, aos 7 e 14 dias da aplicação das preparações do fungo *Beauveria bassiana*, em casa de vegetação. 65
- Tabela 6:** Número médio ($\pm$ EP) de ovos de *Tetranychus urticae* por folha em plantas de pimentão cv. Dahara RX, aos 7 e 14 dias da aplicação das preparações do fungo *Beauveria bassiana*, em casa de vegetação. 66
- Tabela 7:** Número médio ($\pm$ EP) de imaturos (larvas e ninfas) de *Tetranychus urticae* por folha em plantas de pimentão cv. Dahara RX, aos 7 e 14 dias da aplicação das preparações do fungo *Beauveria bassiana*, em casa de vegetação. 67
- Tabela 8:** Número médio ($\pm$ EP) de adultos de *Neoseiulus californicus* por folha em plantas de pimentão cv. Dahara RX, aos 7 e 14 dias da aplicação das preparações do fungo *Beauveria bassiana*, em casa de vegetação. 70
- Tabela 9:** Número médio ($\pm$ EP) de ovos de *Neoseiulus californicus* por folha em plantas de pimentão cv. Dahara RX, aos 7 e 14 dias da aplicação das preparações do fungo *Beauveria bassiana*, em casa de vegetação. 71
- Tabela 10:** Número médio ($\pm$ EP) de imaturos (larvas e ninfas) de *Neoseiulus californicus* por folha em plantas de pimentão cv. Dahara RX, aos 7 e 14 dias da aplicação das preparações do fungo *Beauveria bassiana*, em casa de vegetação. 71

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3. REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1 Cultura do Pimentão	15
3.2 A Planta, a Cultura e o Produto	15
3.3 Cenário Mundial e Nacional	16
3.4 Exigências Climáticas	16
3.5 Cultivo em Ambiente Protegido	17
3.6 Ácaro rajado	18
3.7 Identificação, Biologia e Danos	18
3.8 Táticas de Controle do Ácaro rajado	21
3.8.1 Fungos entomopatogênicos	23
3.8.2 Ácaros Predadores	25
3.8.3 Uso combinado de agentes de controle biológico	23
4. MATERIAIS E MÉTODOS	31
4.1 Cultivo de Plantas	31
4.2 Criação dos Ácaros	31
4.3 Produção e Preparações do Fungo <i>B. bassiana</i>	32
4.4 Experimento - Efeito da concentração de conídios do fungo <i>B. bassiana</i> , da liberação do predador <i>N. californicus</i> e compatibilidade entre inimigos naturais	34
4.5 Experimentos - Efeito da preparação do fungo <i>B. bassiana</i> , da liberação do predador <i>N. californicus</i> e compatibilidade entre inimigos naturais	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.1 Efeito da concentração de conídios do fungo <i>B. bassiana</i> , da liberação do predador <i>N. californicus</i> e compatibilidade entre inimigos naturais	40

5.2 Efeito da preparação do fungo <i>B. bassiana</i> , da liberação do predador <i>N. californicus</i> e compatibilidade entre inimigos naturais	56
6. CONCLUSÃO	71
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

1. INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) ocupa um papel de destaque entre as hortaliças cultivadas no Brasil, sendo amplamente cultivado em diversas regiões e apreciado pelo valor nutricional e pela versatilidade de uso (Moura, 2013; Vieira; Clemente, 2018). O cultivo dessa espécie em ambiente protegido tem se expandido, impulsionado pela busca por frutos de melhor qualidade e por sistemas produtivos mais estáveis. Entretanto, esse mesmo ambiente controlado cria condições ideais para o aparecimento e a persistência de pragas, e entre elas o ácaro-rajado (*Tetranychus urticae* Koch) se destaca como um dos maiores desafios fitossanitários para os produtores (Makishima, 2007; Vieira; Clemente, 2018).

A infestação desse ácaro provoca danos diretos às plantas devido à sucção do conteúdo celular das folhas, resultando em clorose, necrose, desfolha e redução da capacidade fotossintética, com consequente queda na produtividade e na qualidade dos frutos (Gallardo et al., 2005; Bensoussan et al., 2016). O controle de *T. urticae* é tradicionalmente realizado por meio de acaricidas químicos. Embora esses produtos ofereçam respostas rápidas no controle populacional da praga, o uso contínuo e indiscriminado tem ocasionado problemas recorrentes, como o desenvolvimento de resistência aos ingredientes ativos e a contaminação ambiental. Além disso, a demanda dos consumidores por alimentos mais seguros e livres de resíduos químicos pressiona o setor produtivo a buscar alternativas sustentáveis (VENZON et al., 2010).

Dentre os agentes de controle biológico utilizados contra o ácaro-rajado, os fungos entomopatogênicos e os ácaros predadores da família Phytoseiidae vêm ganhando destaque por apresentarem potencial de controle, em estratégias de emprego exclusivo ou combinado. O fungo *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin [família Cordycepsaceae] é amplamente utilizado para o controle de artrópodes fitófagos em diferentes culturas agrícolas e sistemas de produção. Em razão do seu modo de ação por contato, permite infectar e causar a morte de diferentes estágios de desenvolvimento de ácaros tetraniquídeos, sendo considerado um importante agente de controle microbiano. Outro agente de controle promissor é o ácaro predador *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) tem sido amplamente empregado em programas de controle biológico, por sua elevada capacidade de predação e adaptação a diversas condições

ambientais, incluindo ambientes protegidos (Garcia et al., 2020; Michereff-Filho et al., 2022).

O uso combinado desses agentes apresenta um potencial promissor, uma vez que o fungo atua predominantemente sobre adultos de *T. urticae*, enquanto o predador é mais eficiente sobre imaturos (larvas e ninfas) e ovos, possibilitando uma ação complementar no manejo dessa praga (Riahi et al., 2017; Wu et al., 2020). Entretanto, para o sucesso dessa estratégia, é essencial compreender as interações entre os dois agentes, uma vez que o fungo entomopatogênico pode afetar negativamente o predador por meio do contato com conídios viáveis ou pela supressão da população das presas (Castro et al., 2015; Gatarayihha et al., 2010).

Dessa forma, torna-se necessário avaliar a compatibilidade e a eficácia conjunta entre *B. bassiana* e *N. californicus* no controle do ácaro-rajado. Estudos que abordem essa associação são fundamentais para o desenvolvimento de programas de manejo integrado de pragas mais eficientes e sustentáveis, especialmente em sistemas de cultivo protegido, nos quais as condições microclimáticas podem favorecer a ocorrência e surtos populacionais de *T. urticae*.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a eficácia dos usos exclusivo e combinado de *B. bassiana* e *N. californicus* no controle do ácaro-rajado (*T. urticae*) em pimentão sob cultivo protegido.

2.2 Objetivos Específicos

Testar diferentes concentrações de conídios e preparações de *B. bassiana*;

Avaliar a ação isolada e combinada de *B. bassiana* e *N. californicus* e

Verificar a compatibilidade entre o fungo entomopatogênico e o ácaro predador.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Cultura do Pimentão

3.2 A Planta, a Cultura e o Produto

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é cultivado em diferentes regiões do mundo e destaca-se como uma das hortaliças de grande consumo no Brasil, estando entre as dez hortaliças de maior relevância econômica (Moura, 2013). Esta planta pertence à família Solanaceae (Barboza, 2022) e é originária do continente americano, com ampla distribuição de populações silvestres desde o sul dos Estados Unidos até o norte do Chile. Com o início da colonização europeia no continente americano, as espécies do gênero *Capsicum* passaram a ser gradualmente introduzidas em outros continentes. A partir do século XVI, esses frutos foram disseminados pela Europa, África e Ásia, sendo progressivamente incorporados às práticas alimentares e culinárias locais (Veiga Junior, 2022). Tal expansão consolidou a importância cultural e gastronômica das espécies de *Capsicum* em diferentes regiões do mundo, onde passaram a desempenhar papel relevante na composição de dietas tradicionais (Filgueira, 2008).

A planta é espécie angiosperma, arbustiva, perene, embora seja cultivada como cultura anual. A planta exibe características como, caule lenhoso, sua altura e seu modo de crescimento variam com a diversidade de espécies e as condições de cultivo, podem chegar 0,5 a 1,5 m de altura. Com as flores hermafroditas, de coloração branca e tamanho pequena, essa planta geralmente se autopoliniza. Entretanto a taxa de cruzamento pode se tornar consideravelmente alta devido à presença de insetos polinizadores (Filgueira, 2008). O seu sistema radicular é pivotante e profundo, sendo capaz de atingir até 70-120 cm de profundidade. O fruto é reconhecido por apresentar característica como uma baga, de estrutura oca. Ao atingir o estágio final de maturação, o fruto muda de cor, podendo ficar vermelho, amarelo ou apresentar outras cores. (Filgueira, 2003; Mendes et al., 2020).

A pungência, ou ardência, observada em frutos do gênero *Capsicum* está diretamente relacionada à presença de capsaicina, um alcaloide responsável pela sensação de queimação ao ser ingerido (Domenico, 2011). O pimentão, no entanto, não apresenta capsaicina em níveis perceptíveis, sendo considerado um fruto não-pungente e, por isso, muitas vezes chamado de fruto doce. Essa característica o diferencia das pimentas, pertencentes ao mesmo gênero, e contribui para sua ampla aceitação no consumo *in natura* e em diversas preparações culinárias (Menezes, 2022; França et al., 2020).

Os frutos apresentam altos teores de vitaminas A, C e E, além de minerais como cálcio, sódio, fósforo e ferro (Reifschneider, 2000). Além do valor nutricional, características como aparência, sabor e textura são determinantes para a aceitação do produto no mercado (Mutlu et al., 2025). Essas qualidades são priorizadas pelos consumidores no momento da compra, o que influencia diretamente o sistema produtivo. Em decorrência da exigência do mercado, os produtores têm adotado tecnologias voltadas ao aumento da produtividade e da qualidade dos frutos (Onoyama et al., 2010).

3.3 Cenário Mundial e Nacional

Devido à ampla gama de cores apresentadas pela espécie, o pimentão é altamente valorizado em diferentes mercados consumidores. Em 2017 a cultura do pimentão no Brasil ocupou aproximadamente 5.000 hectares, cujos plantios se concentraram em São Paulo e Minas Gerais e foram produzidas cerca de 120 mil toneladas (CNA, 2017; Pedroso, 2023). A região Sudeste se destaca como o principal centro produtor de pimentões, principalmente devido à presença de grandes áreas de produção e comercialização. Por outro lado, vale ressaltar que o Distrito Federal se mostra relevante na produção dessa hortaliça em cultivo sob ambiente protegido. O pimentão pode ser cultivado tanto em campo aberto quanto em ambiente protegido, sendo que este último apresenta maiores índices de produtividade devido ao controle mais eficiente das condições climáticas e dos tratos culturais. Em sistemas a céu aberto, a produtividade varia de 25 a 40 toneladas por hectare, enquanto em cultivo protegido pode alcançar até 180 t/ha (Melo, 2019; Henz et al., 2007).

3.4 Exigências Climáticas

O pimentão é uma planta tropical que cresce e produz melhor em temperaturas elevadas ou moderadas. As temperaturas ideais variam de acordo com o estágio de desenvolvimento. Durante a fase de formação das mudas, temperaturas entre 26°C e 30°C são as mais adequadas. Dessa maneira, as mudas cultivadas em estufas se beneficiam do efeito estufa, especialmente em climas frios. No entanto, as plantas adultas preferem temperaturas entre 19°C e 21°C para uma melhor produção, sendo prejudicadas pelo frio e pela geada. Temperaturas abaixo de 15°C afetam negativamente todas as fases do crescimento da planta, incluindo germinação, emergência e desenvolvimento inicial. O

calor excessivo também é prejudicial, com queda de flores ocorrendo acima de 35° °C (Filgueira, 2003).

A variação de temperatura ao longo do dia na cultura, com temperaturas mais altas durante o dia e mais baixas à noite, beneficia o cultivo do pimentão. As temperaturas diurnas ideais para o desenvolvimento da planta variam de 18 a 27°C, enquanto as noturnas são de 15 a 18°C. (Campagnol et al., 2015). O fotoperíodo, ou a duração do dia, não é um fator limitante para o pimentão, pois a planta pode florescer e frutificar em qualquer comprimento de dia. Apesar disso, é uma planta de dia curto facultativo, o que pode acelerar o florescimento, frutificação e maturação dos frutos consequentemente aumentar a produtividade (Brandão Filho et al., 2018).

Os ventos, quando em baixa intensidade, podem ser benéficos por promoverem a polinização por meio da movimentação das plantas. No entanto, ventos mais intensos ou persistentes podem atuar como vetores para a dispersão de insetos e fitopatógenos, contribuindo para o aumento da pressão de pragas e doenças. Diante desses desafios impostos pelas variáveis climáticas, uma estratégia eficiente consiste na escolha adequada da época e do local de cultivo, bem como na adoção do cultivo protegido. Essa prática permite maior controle sobre os fatores ambientais, contribuindo para a estabilidade da produção e para a redução dos riscos fitossanitários (Makishima, 2007; Souza et al., 2011).

3.5 Cultivo em Ambiente Protegido

A adoção do cultivo em ambiente protegido permite maior estabilidade nas condições de cultivo e reduz os impactos negativos causados por variações ambientais. Em uma perspectiva mais ampla, adotada em nível internacional, o conceito de cultivo protegido inclui diversas estratégias complementares, como o uso de coberturas plásticas no solo, instalação de barreiras contra o vento, túneis de diferentes dimensões e métodos específicos de irrigação. Todas essas medidas têm como objetivo oferecer proteção às plantas, promovendo melhores condições para seu crescimento e, consequentemente, resultados mais satisfatórios na produção (Campagnol et al., 2015; Furlan; Ribeiro, 2018).

Mediante o uso do cultivo sob ambiente protegido a produção de hortaliças passou a ser viável mesmo em períodos ou regiões de condições climáticas adversas. Além disso, o cultivo em ambiente protegido favorece estratégias de manejo hídrico e fitossanitário

mais eficientes, o que é particularmente vantajoso para espécies sensíveis, como os pimentões coloridos (Guedes, 2012; Khan et al., 2023).

No Distrito Federal (DF), o cultivo de pimentão sob ambiente protegido é uma alternativa vantajosa para os produtores, principalmente devido à redução das perdas pelo controle das intempéries climáticas (chuva, vento e insolação), ao aumento da produtividade e ao prolongamento do período de colheita, que pode chegar a 6 meses. Além disso, o cultivo protegido de pimentão permite o acesso a nichos de mercado, cujos frutos podem ser comercializados com alto valor agregado (Onoyama et al., 2010; Vieira et al., 2005).

Apesar das inúmeras vantagens associadas ao cultivo protegido de pimentão, como o aumento da produtividade, a melhoria na qualidade dos frutos e a maior estabilidade das condições de cultivo, esse sistema não está isento de desafios, especialmente no que diz respeito ao manejo fitossanitário (Picanço et al., 1999; Rezende et al., 2010). O ambiente protegido, por oferecer condições microclimáticas mais constantes, também pode favorecer determinadas pragas, que encontram nesse sistema as condições propícias para sua permanência e rápida disseminação (Vida et al., 2004). Além disso, a dificuldade de acesso dos inimigos naturais ao ambiente interno de cultivo em razão de barreiras físicas conferidas por telas e outros materiais da estrutura das estufas e a redução da ventilação, são pontos críticos do sistema de produção que favorecem surtos populacionais recorrentes de pragas após sua introdução no plantio, exigindo atenção constante por parte dos produtores. Neste contexto, o ácaro-rajado apresenta grande importância econômica como praga em cultivos de pimentão sob ambiente protegido no Distrito Federal, principalmente durante a estação seca (abril-agosto) (Onoyama et al., 2010; Moura, 2013; Vieira et al., 2005). Neste sistema de produção, a monocultura de pimentão mantida por longo período de tempo (> 6 meses) propicia condições ambientais que favorecem os surtos populacionais e dificultam o manejo dessa praga (Zhang, 2003; Moura, 2016; Vacante, 2015).

3.6 Ácaro-rajado

3.7 Identificação, Biologia e Danos

A ocorrência de artrópodes pragas associadas à cultura do pimentão pode representar uma ameaça à produção e à qualidade dos frutos, resultando em perdas

econômicas significativas para os agricultores. Dentre os artrópodes-praga que infestam o pimentão merece destaque o ácaro-rajado, *Tetranychus urticae* Koch (Gallardo et al., 2005; Moura et al., 2015; El-Arnaouty et al., 2018). Esta espécie pertence à suclasse Acari, ordem Trombidiformes e família Tetranychidae (Hoy, 2011; Vacante, 2015; Moraes; Flechtmann, 2008). Apesar da coloração avermelhada, a espécie *T. cinnabarinus* Boisduval recentemente foi reposicionada como um morfotipo e sinomímia de *T. urticae* (Auger et al., 2013).

Os adultos de *T. urticae* podem ser vistos a olho nu e apresentam dimorfismo sexual acentuado. A fêmea possui 0,5 mm de comprimento, formato ovalado, com odorso de coloração amarelo-esverdeada escura, coberto por longas setas, além de duas manchas circulares avermelhadas (manchas ocelares), parecidas com “olhos”, na parte anterior do corpo e duas manchas escuras em cada lateral (Figura 1a). O macho é menor, com 0,3 mm de comprimento, apresenta a parte posterior do corpo nitidamente afilada ou triangular e coloração amarelo-esverdeada (Figura 1 b).

Esse ácaro se reproduz de forma sexuada e assexuada (partenogênese arrenótoca) e passa pelas fases de ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adulto. As fêmeas realizam a oviposição diretamente sobre a superfície foliar, nas proximidades das nervuras, assim como dentro ou sobre as teias que são tecidas pelos adultos (Zhang 2003; Moraes e Flechtmann, 2008; Guimarães et al., 2020). Os ovos possuem formato esférico, inicialmente depositados na face inferior das folhas, apresentam-se quase transparentes. Próximo à eclosão, adquirem uma coloração amarelada que permite a visualização clara das duas manchas oculares vermelho-escuras presentes no embrião (Guimarães et al., 2020; Birari et al., 2024).



Figura 1 – Adultos do ácaro-rajado *Tetranychus urticae* (Koch, 1836). (A) fêmea; (B) macho. Fonte: Koppert, 2025.

A larva recém-eclodida possui apenas três pares de apêndices locomotores, é esférica e apresenta tamanho semelhante ao do ovo. É incolor e transparente, exceto pelas duas manchas circulares que são avermelhadas. Com a alimentação, a lava gradualmente muda de coloração; inicialmente passa para verde claro, depois para verde escuro, e eventualmente alcança uma coloração avermelhada ou preta. Na fase de ninfa (protoninfa e deutoninfa), o ácaro-rajado apresenta quatro pares de pernas (Hoy, 2011; Vacante, 2015; Moraes; Flechtmann, 2008).

O ciclo de vida do ácaro-rajado (de ovo a adulto) é rápido, variando de 7 a 21 dias, sendo que temperaturas elevadas (30°C) e baixa umidade relativa (<60%) reduzem o tempo de desenvolvimento dessa espécie. A fêmea apresenta alta fecundidade, podendo ovipositar aproximadamente 10 ovos por dia e cerca de 100 a 300 ovos ao longo da vida (Zhang 2003; Hoy, 2011; Vacante, 2015).

Para se alimentar, *T. urticae* com seu aparelho bucal (quelíceras modificadas em forma de estilete) perfura as células da epiderme foliar da parte abaxial, principalmente em folhas jovens na parte apical das plantas e nos brotos terminais. Esse ácaro suga o conteúdo celular e os cloroplastos, prejudicando a fotossíntese. O material celular residual coagula, formando uma massa branco-amarelada ao longo do limbo foliar, que, posteriormente, desidrata e adquire uma coloração bronzeada, com necrose similar à das folhas secas. Além disso, podem causar deformidades nas folhas e nos frutos, resultando na queda dos mesmos e comprometendo a produção (Gallardo et al., 2005; Bensoussan

et al., 2016; Santamaria et al., 2016). Sua ocorrência se estende por todo o ciclo da cultura, provocando tanto danos diretos quanto indiretos, os quais culminam em perdas econômicas significativas (Gallardo et al., 2005; Moraes; Flechtmann, 2008; El-Arnaouty et al., 2018).

Os sintomas de infestação dessa praga nas plantas são facilmente identificados, pois o ácaro-rajado produz teias que protegem a colônia de predadores e da chuva. Com o aumento da população, uma densa camada de teia pode ser observada, facilitando também o encontro entre machos e fêmeas e a dispersão da espécie (Agustini, 2023; Moura 2015; Guimarães et al., 2020). A infestação no pimentão inicia-se nas folhas mais velhas, ou seja, do terço inferior em direção ao ápice das plantas, com a presença de teia facilmente visível. Em alta infestação as teias podem cobrir as folhas, ramos, botões florais, flores e frutos pequenos. Em geral, o ataque do ácaro-rajado no pimentão pode ocasionar perda de vigor, morte de plantas jovens, desfolha precoce, manchas esbranquiçadas e deformação nos frutos e a redução da produção (Guimarães et al., 2020). Quando não controlado ou controlado de forma incorreta, o ácaro-rajado pode causar perdas superiores a 80% na produção de pimentão (El Arnaouty, 2020).

A dispersão deste ácaro ocorre de diversas formas: pelo vento, de maneira natural, pelo contato entre a folhagem das plantas, por estruturas vegetais infestadas transportadas de uma área para outra, e por meio de ferramentas e utensílios, especialmente em ambientes protegidos (Weintraub, 2007; Gerson; Weintraub, 2012). O ácaro-rajado está presente em regiões de clima tropical e temperado, sendo registrado em mais de 150 espécies de plantas cultivadas de importância econômica (Zhang 2003; Weintraub, 2007; Hoy, 2011; Gerson; Weintraub, 2012; Vacante, 2015).

3.8 Táticas de Controle do Ácaro-rajado

Para o manejo integrado do ácaro-rajado preconiza-se a adoção de várias medidas simultâneas, sendo todas igualmente importantes, dentre elas: o uso de calendário de plantio, evitando épocas de maior ocorrência da infestação; a manipulação do ambiente de cultivo para desfavorecer a praga; a eliminação de plantas hospedeiras dentro e no entorno do cultivo; a destruição e dos restos culturais; o emprego de formas estáveis de controle biológico; o uso de produtos alternativos (biorracionalis) e, em último caso, o controle químico, empregado como método curativo de controle da praga, mediante amostragem e adoção de níveis de controle, com enfoque especial no manejo de

resistência do ácaro aos acaricidas químicos (Weintraub, 2007; Hoy, 2011; Gerson; Weintraub, 2012; Moura, 2015; Vacante, 2015; Guimarães et al., 2020).

No Brasil, o controle químico ainda é a ferramenta mais utilizada para o manejo do ácaro-rajado na cultura do pimentão, com aplicações de acaricidas muitas vezes de forma preventiva e com base em calendário de aplicação, independente da presença dessa praga no cultivo. Esse uso abusivo e errôneo de acaricidas ocasiona aumento no custo de produção e pode acarretar sérios problemas, como a contaminação dos frutos com resíduos tóxicos, a evolução de resistência aos acaricidas nas populações do ácaro-rajado, a eliminação de artrópodes benéficos no cultivo e outros danos ambientais, além da intoxicação de produtores (Weintraub, 2007; Hoy, 2011; Gerson; Weintraub, 2012; Moura, 2015). Aliado a isso, a eficiência do controle químico adotado pelos produtores de pimentão do DF para o manejo desse ácaro-praga não é superior a 65%. A falha de controle desse ácaro é tão alta que tem motivado o abandono dos cultivos de pimentão por parte dos produtores e sua migração para outras localidades.

Atualmente há 27 produtos comerciais indicados no Brasil para o controle de *T. urticae* na cultura do pimentão, os quais pertencem aos grupos químicos da avermectina, benzoiluréia, isoxazoline, organofosforados, pirazol, piretroides, piridazonine e sulfito de alquila, além de misturas de benzoiluréia com piretoide, piretoide com organofosforado e de avermectina com antanilamida (Agrofit, 2025). Vale destacar ainda que, já existem relatos de populações de *T. urticae* resistentes a praticamente todas as moléculas empregadas para o seu controle mundialmente e no Brasil há registro de 53 casos, incluindo 20 ingredientes ativos diferentes, com predominância para a abamectina, milbimectina e fenpiroximato (Adesanya et al., 2021; Mota-Sanchez; Wise, 2025).

Diante disso, a busca por inovações tecnológicas, que sejam mais sustentáveis e ambientalmente seguras, tem sido amplamente demandada para o manejo do ácaro-rajado na cultura do pimentão sob ambiente protegido. Neste contexto, o desenvolvimento de táticas de controle biológico para *T. urticae* é amplamente vantajoso e desejável, pois não deixa resíduos tóxicos nos alimentos e ocasiona baixo impacto ambiental, além de ser compatível com outras práticas de manejo integrado de pragas (Weintraub, 2007; Hoy, 2011; Gerson; Weintraub, 2012).

O controle biológico consiste na regulação de artrópodes herbívoros com o uso de inimigos naturais, que são os predadores, parasitoides, parasitas, competidores e entomopatógenos (Weintraub, 2007; Maniania et al., 2008). O sucesso do controle

biológico depende de fatores como a correta identificação da praga e do inimigo natural, as condições ambientais, e a compatibilidade com outras práticas de manejo. Em cultivos protegidos, como estufas e túneis, onde a ventilação é limitada e o microclima pode favorecer o desenvolvimento de certos organismos, a introdução planejada de inimigos naturais apresenta vantagens, pois o ambiente confinado pode favorecer a sua permanência e eficácia. No entanto, essa mesma característica pode potencializar desequilíbrios caso não haja um acompanhamento técnico adequado, especialmente quando há o uso simultâneo de pesticidas químicos incompatíveis com os agentes biológicos (Moraes, 2014; Garcia et al., 2020). No geral, o uso de fungos entomopatogênicos e de ácaros predadores tem se mostrado promissor no controle do ácaro-rajado (Michereff-Filho et al., 2022; Smagghe et al., 2023).

3.8.1 Fungos entomopatogênicos

Novas estratégias para o controle de ácaros fitófagos vêm sendo estudadas, principalmente envolvendo fungos entomopatogênicos (ou acaropatogênicos) pertencentes ao filo Ascomycota, tais como *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin [família Cordyceptaceae], *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin [família Claviciptaceae] e *Cordyceps javanica* (Friedrichs & Bally) Samson & Hywel-Jones (anteriormente, *Isaria fumosorosea* Sábio (1904)) [família Cordyceptaceae] (Maniania et al., 2008; El-Hawary et al., 2017; Smagghe et al., 2023). Estes agentes de controle biológico apresentam características importantes para sua atuação biológica, como modo de ação por contato, além de germinação e conidiogênese aceleradas. Isso permite que o processo infeccioso se complete rapidamente, promovendo uma alta produção de conídios e, conseqüentemente, facilitando sua dispersão no ambiente (Widjani et al., 2010; Costa, 2019). Dentre os entomopatógenos, há destaque para o fungo *B. bassiana* por apresentar grande potencial para controle de uma ampla gama de artrópodes hospedeiros, incluindo os ácaros da família Tetranychidae, além de fácil produção em escala industrial, formulação e aplicação. Diversos isolados desse fungo demonstraram ser eficientes em causar infecção e mortalidade tanto de ovos, quanto de estágios móveis (adultos, larvas e ninfas) de *T. urticae* (Maniania et al., 2008; Shi; Feng, 2009; Bugeme et al., 2014; Zhang et al. 2014; Yanar et al., 2018; Michereff-Filho et al., 2022). Em razão desses atributos, várias formulações comerciais de micoacaricidas à base de *B. bassiana* já foram utilizadas para controle de tetraniquídeos em estufa e campo aberto, podendo

inclusive substituir os acaricidas sintéticos em planos de manejo da resistência a esses pesticidas (Faria; Wraight, 2007; Maniania et al. 2008; Wraight et al., 2016). A estratégia mais comum de uso de fungos entomopatogênicos no controle de pragas é a introdução inundativa, na qual se utilizam elevadas concentrações do patógeno para uma rápida supressão da população hospedeira (Faria; Wraight, 2007). Esta situação mostra-se apropriada para pragas como *T. urticae*, que apresenta grande capacidade biótica, ciclo de vida curto e que ocorre em culturas cujos níveis de dano são muito reduzidos, como em hortaliças e plantas ornamentais (Faria; Wraight, 2007; Maniania et al. 2008; Hoy, 2011; Vacante, 2015).

Os fungos entomopatogênicos podem ser aplicados em diferentes preparações, incluindo a forma de suspensão, utilizando água, óleo ou emulsões. Um dos principais desafios no uso desses fungos é a sensibilidade de suas estruturas a condições adversas, como baixa umidade relativa do ar ($< 55\%$), altas temperaturas e exposição à radiação ultravioleta, fatores que podem comprometer sua eficácia no campo (Wraight et al. 2001; Jaronski, 2010; Faria; Wraight, 2007; Lopes et al., 2019).

A formulação de biopesticidas à base de fungos entomopatogênicos consiste na combinação do ingrediente ativo (propágulo infectivo vivo do microrganismo), com adjuvantes que garantem sua estabilidade durante a produção, armazenamento e distribuição. Além disso, essa mistura facilita o manuseio e a aplicação, protege o fungo contra adversidades como radiação ultravioleta, baixa umidade e altas temperaturas, potencializa sua atividade ao favorecer a reprodução e o contato com a praga-alvo, e ainda aumenta a segurança para o usuário, reduzindo riscos como inalação e irritação (Jones; Burges, 1998). A formulação de fungos torna-se essencial quando se busca utilizá-los no campo como micoacaricidas, em uma lógica semelhante ao uso dos acaricidas químicos (Faria; Wraight, 2007).

No geral, os produtos à base de fungos entomopatogênicos atualmente utilizados no Brasil, consistem em conídios que são separados do substrato após o cultivo em biofábrica e fornecidos de forma concentrada ou misturada em algum veículo inerte, como o talco ou argila, em formulação pó molhável (WP) (Michereff-Filho et al., 2009; Faria et al., 2022). Para uso, estes produtos são diluídos em água para aplicação e exigem a adição de espalhantes para aplicação eficiente no campo, resultando em uma preparação simples, caracterizada por uma suspensão aquosa de conídios, que em condições climáticas adversas pode apresentar sérias limitações em sua eficácia contra a praga-alvo.

Por outro lado, a dispersão oleosa (DO), reúne conídios misturados a óleo emulsionável, o que facilita a aplicação sem a necessidade de adesivos, além de melhorar a aderência dos conídios à cutícula hidrofóbica dos artrópodes. Neste caso, a preparação e a formulação do fungo são mais elaboradas e sua aplicação na forma de suspoemulsão em água favorece maiores taxas de germinação, melhor dispersão e maior persistência do fungo na superfície das plantas (Jones; Burges, 1998; Faria; Wraight, 2007). Estudos demonstram que formulações baseadas em óleos (mineral e vegetal) e glicerol podem manter a viabilidade e a infectividade de conídios por longos períodos e garantir eficácia sob baixa umidade, mesmo em regiões áridas (Bateman, 2005; Inglis et al., 2001).

Atualmente, oito isolados de fungos entomopatogênicos, principalmente de *B. bassiana* (92,6%), são empregados no Brasil como ingredientes ativos, em cerca de 81 produtos comerciais, para controle de *T. urticae* em diversas culturas agrícolas. As principais formulações comerciais são pó molhável (WP), suspensão concentrada (SC) e dispersão oleosa (DO) (Agrofit, 2025). Embora o registro de agrotóxicos exija uma eficácia agrônômica mínima de 80%, a eficácia real em campo da maioria destes produtos é desconhecida do público em geral, pois os laudos submetidos aos órgãos reguladores (Mapa, Ibama e Anvisa) não são disponibilizados para conhecimento da comunidade científica e outros interessados. Adicionalmente, há publicações científicas que demonstram que alguns isolados de fungos entomopatogênicos adotados como ingredientes não estão entre os mais virulentos (Faria et al., 2022; Faria, 2025).

Para que o controle microbiano do ácaro-rajado avance de forma consistente no Brasil, é fundamental que os acaricidas biológicos disponíveis no mercado tenham alta concentração e viabilidade das estruturas infectivas, sejam de fácil aplicação, tenham preço competitivo e ofereçam eficiência comprovada no campo. Segundo alguns pesquisadores, os produtos comerciais à base de fungos entomopatogênicos devem ser aplicados na dose mínima de 1×10^{12} propágulos infecciosos por hectare (Alves et al, 2010; Faria, 2025).

3.8.2 Ácaros predadores

Uma alternativa que tem sido considerada para racionalizar o uso de agrotóxicos consiste na utilização de ácaros predadores que se alimentam de uma ampla variedade de pragas agrícolas, incluindo ácaros fitófagos e pequenos insetos (Moraes, 1992). Eles têm sido cada vez mais reconhecidos como uma ferramenta eficaz no controle biológico de

pragas, oferecendo uma abordagem sustentável e amigável ao meio ambiente (Beretta et al., 2022).

Diversas famílias de ácaros incluem espécies com hábito predador, sendo as mais representativas Anystidae, Bdellidae, Cheyletidae, Cunaxidae, Phytoseiidae e Stigmaeidae (Moraes et al., 2008;). A família Phytoseiidae (ordem Mesostigmata) tem sido a mais relevante devido à quantidade de espécies descritas e à eficácia no controle de pragas agrícolas. Atualmente, são conhecidas mais de 2.250 espécies de fitoseídeos no mundo, das quais aproximadamente 140 já foram registradas em território brasileiro (Moraes et al., 2004; Hoy, 2011; Carrillo et al., 2015).

Esses ácaros predadores possuem movimentação muito rápida, se deslocando a uma velocidade superior à das suas presas, são capazes de manter as populações de ácaros fitófagos em baixas densidades e apresentam altas taxas reprodutivas (Hoy, 2011; Al-Azzazy; Alhewairini, 2024). Embora algumas espécies sejam edáficas, ou seja, que habitam o solo, os fitoseídeos costumam ser encontrados predominantemente na parte aérea das plantas, incluindo folhas, flores e caules (McMurtry et al. 2013). Na ausência de sua presa preferencial (ácaros fitófagos), esses ácaros predadores podem procurar outras fontes de alimento, tais como pequenos insetos, pólen, fungos, “honeydew” (substâncias açucaradas produzidas por insetos) e exsudatos de plantas (Balcwood et al., 2001; Marcossi et al., 2020).

O ciclo biológico dos fitoseídeos compreende as fases de ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adultos, com desenvolvimento completo em aproximadamente sete dias. Em condições de temperatura próxima a 25°C, os adultos vivem entre 20 e 30 dias, e as fêmeas depositam de 30 a 40 ovos, que são inicialmente translúcidos, tornando-se leitosos com o tempo (Malais; Ravensberg, 2003; Moraes; Flechtmann, 2008; Navia et al., 2020).

Considerando o alto potencial desses inimigos naturais no controle de pragas, diversas espécies vêm sendo estudadas em diferentes países. Em algumas situações, a aplicação desses agentes em programas de manejo integrado encontra-se em estágio avançado, incluindo o uso de linhagens com resistência a pesticidas químicos. Essa característica tem se mostrado relevante para a permanência e eficácia dos predadores, mesmo em áreas onde a aplicação de produtos químicos é frequente (Castilho; Moraes, 2011; Navia et al., 2020).

Os ácaros fitoseídeos têm sido amplamente empregados em diferentes sistemas de cultivo ao redor do mundo para o controle biológico do ácaro-rajado, com resultados significativos também no contexto brasileiro (Navia et al., 2020; Barros et al., 2022).

Diversos estudos têm relatado a presença de ácaros predadores em cultivos de pimentão e pimentas *Capsicum* em campo aberto. Apesar dessa ocorrência, as populações desses inimigos naturais costumam ser significativamente baixas, o que compromete sua capacidade de promover um controle biológico efetivo sobre os ácaros fitófagos. Essa baixa densidade populacional dos predadores tem sido apontada como um dos principais fatores que dificultam o estabelecimento de um equilíbrio natural, propiciando o aumento das infestações do ácaro-rajado. Consequentemente, essa situação frequentemente resulta na necessidade do uso de acaricidas químicos para controlar as pragas, o que pode acarretar efeitos adversos como o desenvolvimento de resistência nos ácaros-praga, desequilíbrio ecológico e impactos ambientais negativos. Dessa forma, o manejo integrado dos ácaros pragas demanda estratégias que busquem potencializar as populações naturais ou introduzir agentes de controle biológico com maior eficácia, minimizando a dependência de produtos químicos e promovendo práticas sustentáveis no cultivo do pimentão (Duarte et al., 2021; Duarte et al., 2023).

No Brasil, seis espécies de ácaros predadores encontram-se registradas para uso comercial, sendo cinco pertencentes à família Phytoseiidae: *Amblyseius tamatavensis* Blommers, *Neoseiulus barkeri* Hughes, *Neoseiulus californicus* (McGregor), *Neoseiulus idaeus* Denmark & Muma e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Michereff-Filho et al., 2022; Agrofite, 2025). Além desses predadores, também há registro da espécie *Stratiolaelaps scimitus* (Womersley), pertencente à família Laelapidae. No entanto, essa espécie é indicada principalmente para o controle de pragas habitantes do solo, não sendo recomendada para o manejo de *T. urticae* (Moraes et al., 2012; Almeida et al., 2020; Agrofite, 2025). Atualmente, apenas *N. californicus* está disponível no mercado nacional.

Resultados promissores de *N. californicus* contra *T. urticae* em plantas de pimentão também foram relatados por Castagnoli et al. (2004) em casa de vegetação na Itália, Palevsky et al., (2008) em câmara climatizada em condições de alta temperatura e baixa umidade relativa do ar e por Weintraub et al. (2008) em estufa tipo túnel sob clima semiárido de Israel. O predador *N. californicus* tem ampla distribuição geográfica e caracteriza-se por apresentar corpo de coloração branco-alaranjada, longas pernas, formato ovóide e comprimento aproximado de 0,5 mm, sendo as fêmeas maiores que os

machos. As formas imaturas (larvas e ninfas) são de coloração pálida (Malais; Ravensberg, 2003; Navia et al., 2020; Meshkov et al., 2024).

N. californicus é um predador generalista, com estilo de vida do tipo II-III (McMurtry et al., 2013), que prefere se alimentar de ácaros tetraniquídeos, porém também pode se alimentar de outros grupos de ácaros, pequenos insetos (tripes e pulgões) e pólen. Este predador pode se adaptar a flutuações na disponibilidade de presas, é mais efetivo em temperaturas entre 13 e 32°C, porém é sensível à umidade relativa do ar abaixo de 60% (Grecco et al., 2005; Fraulo; Liburd, 2007; Meshkov et al., 2024). Apesar disso, possui linhagens/populações relativamente tolerantes a altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar (Palevsky et al., 2008; Weintraub et al. 2008).

3.8.3 Uso combinado de agentes de controle biológico

As interações entre entomopatógenos e outros agentes de biocontrole podem ser sinérgicas, aditivas ou antagônicas, dependendo dos agentes de controle biológico específicos, bem como de suas concentrações/quantidades liberadas, época de aplicação, espécie hospedeira e condições ambientais. Interações sinérgicas resultam em uma mortalidade maior do que a soma das mortalidades individuais na população da praga ocasionadas por cada inimigo natural isoladamente. Por exemplo, quando os predadores aumentam a transmissão de conídios do fungo na população da praga-alvo. Interações aditivas ocorrem se os inimigos naturais não interagem ou interferem um no outro e, portanto, o nível total de mortalidade for equivalente à soma das mortalidades individuais causadas por cada agente. Por outro lado, interações antagônicas ocorrem se a mortalidade total for menor do que quando qualquer um dos inimigos naturais age sozinho. Nesse caso, o papel de qualquer é suprimido ou se a transmissão de conídios for reduzida e os efeitos aditivos gerais no controle da praga forem interrompidos (Roy; Pell, 2000; Vasquez-Benito et al., 2022; Hernández-Valencia et al., 2024). Agentes fúngicos têm o potencial de afetar negativamente predadores direta/indiretamente, infectando-os ou esgotando a população de presas. Por sua vez, os predadores poderiam afetar agentes fúngicos consumindo presas infectadas, removendo assim o patógeno (Roy e Pell 2000).

A eficiência dos fungos entomopatógenos pode ser potencializada quando utilizados em combinação com outros agentes de controle biológico. Ao serem aplicados de uma forma conjunta, esses organismos podem atuar de forma independente sobre o hospedeiro, resultando em efeitos aditivos ou complementares (Ullah et al., 2017). A associação entre agentes de controle biológico está baseada na complementaridade dos

mecanismos de ação sobre as pragas-alvo. Fungos entomopatogênicos atuam por contato e a infecção ocorre principalmente por penetração direta da cutícula do hospedeiro, provocando a sua morte por ação fúngica sistêmica (Batta, 2018; Abbas, 2020). Desta forma, a eficácia desses agentes de controle biológico depende do nível de cobertura da calda pulverizada sobre a superfície vegetal (Faria; Wraight, 2007). Durante a pulverização, os conídios nem sempre atingem o alvo, ou pelo menos, não em quantidade suficiente para causar infecção e alcançar reduções significativas nas populações da praga-alvos ou para gerar um evento epizootico (Jaronski, 2010). Em decorrência de limitações da tecnologia de aplicação, o não atingimento do alvo (colônia do ácaro) e o depósito insuficiente de conídios do fungo sobre a planta propiciarão áreas de refúgio e condições favoráveis de escape da praga, permitindo rápida reinfestação do cultivo e a demanda de aplicações sucessivas do acaricida biológico. *B. bassiana* mostra-se altamente eficaz sobre adultos do ácaro-rajado, porém tem baixa letalidade sobre ovos (Michereff-Filho et al., 2022), além de demandar mais de três dias para causar a morte de adultos e imaturos (larvas e ninfas) de *T. urticae*. Por outro lado, o ácaro predador *N. californicus* busca suas presas e exerce controle principalmente sobre ovos, larvas e ninfas do ácaro-rajado (Marafelli et al., 2011). Em condições ambientais favoráveis, esses predadores podem controlar rapidamente a infestação do ácaro-rajado (Hernández-Valencia et al., 2024). Entretanto, a menor eficiência desses predadores sobre adultos *T. urticae* pode ser uma desvantagem crítica, visto que a oviposição constante dessa praga nas plantas pode garantir o surgimento de novas gerações, resultando no insucesso do controle biológico. Portanto, a associação entre os dois agentes de controle biológico mostra-se plausível e agronomicamente vantajosa (Seiedy et al., 2012; Hernández-Valencia et al., 2024).

Diversas pesquisas indicam que a combinação entre fungos entomopatogênicos e predadores fitoseídeos pode potencializar os resultados no manejo de pragas, promovendo efeitos sinérgicos, ou pelo menos aditivos, quando comparados ao uso isolado de cada organismo (Seiedy et al., 2012; Ullah et al., 2017; Castillo-Ramírez, 2020; Hernández-Valencia et al., 2024). Entre os benefícios dessa interação estão a maior estabilidade do controle ao longo do tempo, a redução da densidade populacional da praga em diferentes estágios de desenvolvimento e a menor pressão seletiva sobre o ecossistema. Além disso, sistemas de manejo que combinam agentes distintos tendem a

ser mais resilientes, pois reduzem a chance de falha associada à limitação de um único método (Saleh et al., 2021; Vasquez-Benito et al., 2022).

Entretanto, para que essa associação seja viável, é fundamental avaliar a compatibilidade entre os agentes (Wu et al., 2015; Wu et al., 2017). Nem toda combinação resulta em efeitos positivos. Em alguns casos, o fungo pode interferir na sobrevivência, no comportamento ou na capacidade predatória do ácaro, seja por contato direto com esporos viáveis, ingestão acidental, ou até mesmo por alterações microambientais causadas pela aplicação do patógeno (Wu et al., 2015). Por isso, testes laboratoriais e semi-campo são essenciais para avaliar possíveis interações antagônicas entre esses inimigos naturais.

No caso específico da interação entre *B. bassiana* e ácaros predadores fitoseídeos, vários trabalhos demonstraram a compatibilidade entre esses inimigos naturais e o efeito sinérgico dessas associações na eficiência do controle biológico (Cuthbertson et al., 2005; Oliveira et al., 2020; Lemaire et al., 2025). No entanto, é importante ressaltar que o grau de compatibilidade pode variar de acordo com o isolado do fungo, a espécie de predador, a concentração e a formulação do acaricida biológico, além da estratégia de emprego de ambos os inimigos naturais, exigindo avaliações específicas para cada situação (Emami et al., 2013).

Dessa forma, a combinação entre *B. bassiana* e o ácaro predador *N. californicus* pode ser uma ferramenta estratégica no manejo de *T. urticae*, sobretudo em ambientes protegidos como casas de vegetação, onde o microclima favorece tanto a ação fúngica quanto a permanência dos predadores. A adoção dessa abordagem integrada pode não apenas aumentar a eficácia do controle, mas também contribuir para a construção de sistemas produtivos mais sustentáveis, com menor dependência de insumos químicos e menor impacto ambiental.

Apesar do uso crescente do fungo *B. bassiana* e do ácaro predador *N. californicus*, em associação ao acondicionamento climático (aumento da UR e arrefecimento) do cultivo para controle do ácaro-rajado em morangueiro na estação seca do Distrito Federal (Guimarães et al., 2010; Michereff-Filho et al., 2010), não há informações sobre a ação e a compatibilidade desses agentes de controle biológico sobre o ácaro-rajado em cultivo de pimentão sob ambiente protegido. Portanto, são necessários estudos mais detalhados sobre estratégias que otimizem a associação desses componentes de manejo.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Cultivo de plantas

Plantas de feijão-de-porco [*Canavalia ensiformis* (L.)] foram cultivadas em vasos de 3 litros de capacidade, contendo mistura 1:1 de solo autoclavado e de substrato para cultivo de ornamentais (Vivatto Slim Plus, Technes Agrícola, São Paulo - SP), sob condições de telado, com regas diárias. Ao completarem 35 dias da emergência, as plantas foram utilizadas na criação do ácaro-rajado.

Para os experimentos em casa de vegetação foram utilizadas plantas de pimentão [*Capsicum annuum* L.] da cultivar Dahra RX, cultivadas em vasos plásticos. Para a produção das mudas de pimentão foram empregadas bandejas de poliestireno, de 72 células, preenchidas com substrato orgânico comercial para hortaliças (Vitatto Slim Plus®, Technes Agrícola Ltda., Guataparã - SP). Ao atingir 35 dias as mudas foram transplantadas para vasos plásticos (capacidade 5,0 L) contendo solo e substrato comercial (Vitatto Slim Plus®) misturados na proporção 3:1. Cada vaso recebeu uma muda. Posteriormente as plantas foram acondicionadas em casa de vegetação (5,0 x 4,0 x 4,5m) livre de infestação de pragas onde permaneceram até completarem 60 dias do transplântio (média de 68 folhas/planta), quando foram utilizadas nos experimentos. As plantas foram sustentadas individualmente com estacas de bambu ($\varnothing$ 2 cm, altura 70 cm) e foram irrigadas duas vezes ao dia mediante sistema de irrigação por gotejamento. A fertirrigação foi realizada conforme recomendações de Braga & Marouelli (2015). Todos os tratos culturais foram realizados (Pinto et al., 2019), exceto a aplicação de pesticidas.

4.2 Criação dos Ácaros

A criação do ácaro-rajado foi estabelecida no Laboratório de Entomologia, da Embrapa Hortaliças (CNPq), no Gama - DF. No processo de criação, os indivíduos de *T. urticae* foram mantidos em ambiente controlado e isolado ($25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ com 12 horas de luminosidade), sobre plantas limpas de feijão-de-porco dentro de arenas de criação constituídas por bandejas plásticas brancas com água. Para a infestação das plantas, folhas cotiledonares infestadas previamente com ácaro-rajado foram acomodadas sobre as folhas limpas de feijão-de-porco. As plantas foram vistoriadas diariamente, para evitar a infestação de artrópodes indesejados (pulgões, trips e predadores).

Para o estabelecimento da criação-estoque do predador *N. californicus*, indivíduos foram adquiridos de um fornecedor comercial (produto Neomip Max®, Promip manejo

Integrado de Pragas Ltda., Limeira - SP). Para criação desse predador utilizou-se a metodologia proposta por McMurtry e Scriven (1965). A unidade de criação consistiu de uma bandeja retangular de PVC (31,5 cm x 19,5 cm x 5,5 cm) contendo uma lâmina de plástico preto (15 × 10 cm) acondicionada sobre uma espuma de polietileno (espessura de 1,5 cm) embebida constantemente em água destilada. Para confinar os ácaros, as margens da lâmina preta foram cobertas com tiras de algodão hidrófilo umedecido com água destilada. Fragmentos de folhas de feijão-de-porco infestados com ácaro-rajado (ovos, larvas, ninfas e adultos) foram oferecidos aos predadores e substituídos por novos a cada dois dias. Pólen seco de taboa [*Typha domingensis* (Persoon)], também foi oferecido periodicamente como fonte complementar de alimento. Os predadores foram transferidos para novas unidades de criação a cada três semanas. Essas unidades de criação foram mantidas em laboratório sob as mesmas condições de temperatura, umidade e fotoperíodo da criação do ácaro-rajado.

4.3 Produção e Preparações do fungo *B. bassiana*

Utilizou-se o isolado CG 18 de *B. bassiana* oriundo da Coleção de Fungos de Invertebrados da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília-DF (15°43'48" S; 47°53'59" W), selecionado previamente como virulento para *T. urticae*. Foram utilizados conídios aéreos oriundos de produção massal em sacolas de polipropileno (15 × 20 cm), contendo meio semi-sólido autoclavado constituído por 150 g de arroz parboilizado (com 30% de água v/p), conforme Leite et al. (2003). Após a inoculação as sacolas foram incubadas por um período de 14 dias a $25,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 12h de fotofase. Para a obtenção de conídios puros, sacolas com fungo+substrato foram abertas e mantidas em sala com ar seco ($18,0 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$, <15% UR) por 48 horas. Posteriormente, a massa de fungo+substrato foi submetida à extração em conjunto de duas peneiras (20 e 100 mesh) sob agitação em incubadora com agitador refrigerada (modelo C25, marca New Brunswick Scientific Ltd., Hertfordshire, Inglaterra) a 400 rpm, mediante três baterias de agitação a intervalos de 10 minutos. Os conídios que passaram pela segunda peneira foram coletados e secados em dessecadores herméticos contendo sílica gel (20% p/p), a $25,0 \pm 0,9^{\circ}\text{C}$ e no escuro durante sete dias. O fungo puro e seco, contendo 1×10^{11} conídios/g e 7% de umidade, foi armazenado em temperatura de -20°C até seu emprego nos experimentos.

A viabilidade dos conídios foi avaliada antes de cada preparação. Placas de Petri contendo 5 mL de meio BDA (batata-dextrose-ágar) com 2 µg/mL de antibiótico sulfato de estreptomicina (Sulfato de estreptomicina Purex, ACS Científica Química Fina Especializada, Sumaré-SP) foram inoculadas com 0,1 mL da suspensão de conídios, espalhando-se o líquido com alça de Drigalsky. Após a evaporação do líquido, as placas foram incubadas em câmara climatizada tipo B.O.D. a $25 \pm 0,7^\circ\text{C}$, UR superior a 80% e no escuro, por 24 horas. As leituras foram efetuadas em microscópio ótico (Nikon Eclipse 80i, Nikon Instruments Inc., Melville, EUA) com 400 vezes de aumento, mediante a determinação do percentual de conídios germinados e não germinados. Foram avaliados 100 conídios por placa (replica), totalizando 300 conídios por preparação (Alves; Moraes, 1998; Lopes et al., 2013). Desta forma garantiu-se o uso de conídios puros com, pelo menos, 96% de viabilidade.

A suspensão aquosa de conídios (SA), na concentração desejada ($6,3 \times 10^7$, 1×10^8 ou 2×10^8 conídios viáveis/mL), foi obtida pela pipetagem de um volume previamente determinado de Tween 80 a 0,05% (v/v) em água destilada estéril dentro de tubo de ensaio, seguida pela mistura gradual de conídios puros e secos de *B. bassiana* ($9,6 \times 10^{10}$ conídios viáveis/g de pó) sob forte agitação em vortex durante 25 minutos, em temperatura ambiente.

A formulação dispersão oleosa (DO) foi preparada em óleo de soja (90% p/p) com adjuvantes (10% p/p), incluindo Tween 80 a 0,05% (v/v) e um estabilizador de suspensão [formulação experimental]. Uma grama de conídios puros e secos foram misturados gradualmente em 9 mL de óleo de soja+adjuvantes dentro de um tubo de ensaio sob agitação leve durante 20 minutos, em temperatura ambiente. Posteriormente, uma alíquota desse pré-formulado foi diluído em água destilada estéril mediante agitação manual em temperatura ambiente, para se obter uma calda para pulverização com $6,3 \times 10^7$ conídios viáveis/mL, em dispersão oleosa na concentração de 0,5% (p/p).

O ajuste na concentração de cada preparação final foi baseado na viabilidade dos conídios por grama de cada lote de fungo utilizado. As preparações do fungo e suas respectivas diluições em água, foram obtidas 30 minutos antes de seu emprego nos experimentos. As testemunhas relativas (SA e OD) consistiram apenas da aplicação de água destilada estéril em mistura com adjuvantes utilizados em cada preparação do fungo.

4.4 Experimento - Efeito da concentração de conídios do fungo *B. bassiana*, da liberação do predador *N. californicus* e compatibilidade entre inimigos naturais

O experimento foi realizado entre abril e junho de 2014 (estação seca), em casa de vegetação (8 m de comprimento x 4,5 m de largura x 5 m de altura), com teto de vidro e tela anti-afídeo nas laterais, na Embrapa Hortaliças, Gama-DF. Foram utilizadas plantas de pimentão cultivadas em vasos (capacidade 5,0 L), cultivar Dahra RX, com 60 dias do transplantio.

Os vasos foram dispostos em cinco bancadas (1,3 m altura x 0,5 m largura x 3,5 m de comprimento), sendo cada bancada considerada como um bloco, onde foi colocada uma planta de cada tratamento; na bancada as plantas foram distanciadas em 0,35 m e a distância entre bancadas foi de 1,0 m. Neste estudo em telado foram testados os seguintes tratamentos: 1 – apenas aplicação de água+Tween 80 a 0,05% (testemunha SA); 2 - aplicação de água+Tween 80 a 0,05% e posterior liberação de *N. californicus*; 3 - aplicação de suspensão aquosa de conídios de *B. bassiana* (isolado CG 18) com Tween 80 a 0,05% (v/v), ajustada na concentração de 1×10^8 conídios viáveis/mL de calda e posterior liberação do ácaro predador e 4 - aplicação de suspensão aquosa de conídios de *B. bassiana* com Tween 80 a 0,05% (v/v), na concentração de 2×10^8 conídios viáveis/mL de calda e posterior liberação do ácaro predador.

As plantas foram previamente infestadas com ácaro-rajado obtido de criação em feijão-de-porco. Para a infestação, pedaços de folhas de feijão-de-porco com fêmeas adultas de *T. urticae* recém-acasaladas foram fixadas com alfinete, deixando-se a face ventral voltada para baixo, sobre duas folhas da região mediana do dossel de cada planta de pimentão, totalizando 20 fêmeas por planta. Para evitar a fuga dos ácaros, a borda superior interna de cada vaso e a mangueira de gotejo de cada planta de pimentão foram contornados com cola entomológica (SprayTrap®, Promip manejo Integrado de Pragas Ltda., Limeira, São Paulo) e as plantas não se tocaram.

A aplicação das preparações de *B. bassiana* foi realizada duas semanas após a infestação do ácaro-rajado, no início da manhã, mediante uso de um pulverizador manual de pressão acumulada (Guarany®, capacidade de 1,25 L), equipado com bico de jato tipo cone vazio. Foram aplicados 50 ml de calda por planta. Para a aplicação das preparações de *B. bassiana*, os vasos foram cuidadosamente removidos da casa de vegetação, pulverizados e depois voltaram para suas respectivas posições dentro da casa de vegetação.

A liberação do ácaro predador *N. californicus* ocorreu após seis horas da pulverização do fungo. A quantidade de indivíduos de predadores *N. californicus* a ser liberada por planta foi estabelecida a partir da relação predador-presa em torno de 1:10 (1 predador: 10 indivíduos do ácaro-rajado), tomando-se como base o nível populacional de formas móveis (somatório de adultos, larvas e ninfas) de *T. urticae* em cada planta (Rhodes; Liburd, 2006; Fraulo; Liburg, 2007). Para tanto, um dia antes da pulverização do fungo e/ou da liberação do predador, realizou-se uma amostragem prévia não-destrutiva, que consistiu na inspeção de 15 folhas por tratamento, correspondendo a três folhas por planta (uma folha dos terços superior, mediano e inferior da copa), com auxílio de lupa de 10 vezes de aumento. Por fim, a estimativa da densidade populacional de *T. urticae* (formas móveis/folha) foi multiplicada pela quantidade média de folhas infestadas por planta (cerca de 22 folhas). Assim, foram liberados 50 predadores por planta. Os predadores foram previamente coletados da criação-estoque com pincel de cerdas macias e transferidos para um microtubo de centrifugação com tampa rosqueável. Um microtubo foi fixado na bifurcação entre dois ramos, localizada no terço mediano do dossel de cada planta. Posteriormente, a tampa foi retirada e colocada sobre a folha mais próxima. Para garantir a efetividade da liberação, após 30 minutos da abertura dos recipientes, observou-se em cada tubo a saída dos predadores por 15 minutos.

A densidade populacional do ácaro-rajado (ovos, larvas, ninfas e adultos) em cada um dos tratamentos foi estimada um dia antes (avaliação prévia, conforme mencionada acima) e após 7 e 14 dias da aplicação de *B. bassiana* nas plantas, enquanto a população de *N. californicus* foi avaliada somente após 7 e 14 dias da sua liberação. Para as avaliações da infestação do ácaro-rajado e da densidade populacional do predador após a aplicação do fungo foram coletadas, aleatoriamente, quatro folhas por planta (duas folhas do terço superior e duas do terço mediano) de cada tratamento, as quais foram acondicionadas em sacos confeccionados em papel Kraft e colocados em caixas de isopor contendo gelo. Em seguida foram transportadas ao Laboratório de Entomologia da Embrapa Hortaliças, onde a contagem do número de ácaros (fitófagos e predadores) foi realizada com auxílio de microscópio estereoscópico (Zeiss Stemi SV 6, Zeiss do Brasil Ltda., São Paulo-SP), com aumento de 20 vezes. Exemplares dos ácaros foram coletados com pincel e mantidos em álcool 70% para posterior montagem, identificação e confirmação das espécies presentes na área.

As densidades populacionais dos ácaros *T. urticae* e de *N. californicus* foram expressas em número de adultos, ovos e imaturos (larvas e ninfas) por folha. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco repetições, sendo cada repetição representada por uma planta de cada tratamento. Para o ácaro-rajado foram considerados seis tratamentos, enquanto para o predador *N. californicus* foram avaliados três tratamentos (exclusão da testemunha e das duas concentrações do fungo aplicadas isoladamente). Os dados foram transformados em $\log(x+1)$ e submetidos à análise de variância (Anova), no arranjo em parcelas subdivididas, onde a sub-parcela correspondeu às épocas de avaliação. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância. Quando detectada a interação significativa entre tratamentos (preparações) e época de avaliação, procedeu-se a comparação das médias dos tratamentos dentro de cada época de avaliação. A eficiência de controle (%) foi estimada pela fórmula de Henderson e Tilton (1955), tendo como base os níveis populacionais do ácaro na testemunha e em cada tratamento, entre a avaliação prévia (antes da aplicação do fungo) e as demais épocas de avaliação, respectivamente.

A temperatura e a umidade relativa do ar dentro do telado foram registradas a cada 30 minutos, mediante dois data loggers (HOBO U12-012; Onset Computer Corporation, Cape Cod, MA), protegidos da luz direta do sol, instalados a 20 cm da copa das plantas.

4.5 Experimentos - Efeito da preparação do fungo *B. bassiana*, da liberação do predador *N. californicus* e compatibilidade entre inimigos naturais

Todas as preparações de *B. bassiana* foram padronizadas para concentração de $6,3 \times 10^7$ conídios/mL de calda aplicada. Esta concentração foi menor que no experimento anterior em razão da quantidade máxima de massa de conídios puros (0,05g) comportada em 1 mL de óleo emulsionável (Jones; Burges, 1998).

O primeiro experimento foi conduzido em condições de laboratório, com os seguintes tratamentos: T1 - apenas aplicação de adjuvante da suspensão aquosa [testemunha relativa SA]; T2 - apenas aplicação de adjuvantes da formulação dispersão oleosa (DO) [testemunha relativa DO]; T3 - aplicação de suspensão aquosa de conídios de *B. bassiana* (isolado CG 18), ajustada na concentração de $6,3 \times 10^7$ conídios viáveis/mL de calda e T4 - aplicação de dispersão oleosa de conídios de *B. bassiana*, ajustada na concentração de $6,3 \times 10^7$ conídios viáveis/mL de calda. Na primeira etapa, trinta e cinco fêmeas de *T. urticae*, oriundas da criação-estoque, foram transferidas para cada disco

foliar. Em seguida, o disco foliar foi pulverizado com 2 mL de suspensão de conídios formulados ou não formulados com o auxílio de uma torre de Potter (Burkard Manufacturing Co Ltd., Hertfordshire, Inglaterra), calibrada a 15 libras/pol². Cada disco foliar recebeu aproximadamente 2µL de suspensão/cm². Após a aplicação as arenas foram fechadas com filme de PVC transparente, colocadas em um recipiente plástico e mantidas em uma câmara climatizada tipo B.O.D. à 25±0,5°C, 90±5% UR e fotofase de 12 h. Foram efetuadas avaliações diárias, de indivíduos vivos e mortos, até o quarto dia após aplicação (DAA), com auxílio de um microscópio estereoscópico (40x). Foi considerado morto o indivíduo que se manteve imóvel ao estímulo gerado pelo toque de um pincel. Os ácaros mortos foram transferidos para câmaras úmidas (placa de Petri, 4 cm de diâmetro) para detecção da conidiogênese (infecção confirmada). Na segunda etapa foi avaliada a porcentagem de eclosão de ovos do ácaro-rajado em arena confeccionada com folha de feijão-de-porco (6,0 cm de comprimento x 3,0 cm de largura) com os mesmos tratamentos, procedimentos e condições climáticas do experimento anterior. Trinta e cinco fêmeas de *T. urticae*, oriundas da criação-estoque, foram transferidas para cada disco foliar, onde permaneceram por três dias para oviposição. Cada disco foliar recebeu aproximadamente 2µL de suspensão/cm².

O delineamento experimental de ambos estudos foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (duas preparações de fungo e duas testemunhas relativas). Foram geradas oito repetições no experimento com adultos de *T. urticae* e quatro repetições no experimento com ovos do ácaro. Em ambos casos, cada repetição foi representada por uma arena. Os dados de mortalidade acumulada (%) e de eclosão dos ovos (%) foram transformados em $\sqrt{x+1}$ e submetidos à análise de variância, enquanto as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

O estudo em casa de vegetação foi realizado entre agosto e outubro de 2024. foram testados os seguintes tratamentos: T1 - apenas aplicação de adjuvante da suspensão aquosa (SA) (sem aplicação de conídios de *B. bassiana* e sem liberação do predador *N. californicus*) [testemunha SA]; T2 - aplicação de adjuvantes da formulação dispersão oleosa (OD) (sem aplicação de conídios do fungo e sem liberação do predador) [testemunha DO]; T3 - aplicação de suspensão aquosa de conídios (SA) de *B. bassiana* (isolado CG 18) ajustada na concentração de $6,3 \times 10^7$ conídios viáveis/mL de calda; T4 - aplicação de dispersão oleosa de conídios (DO) de *B. bassiana* (isolado CG 18), na concentração de $6,3 \times 10^7$ conídios viáveis/mL de calda; T5 - aplicação de adjuvante da

suspensão aquosa (SA) e posterior liberação do predador; T6 - aplicação de adjuvantes da dispersão oleosa (DO) e posterior liberação do predador; T7 - aplicação de suspensão aquosa de conídios (SA) de *B. bassiana* na concentração de $6,3 \times 10^7$ conídios viáveis/mL e posterior liberação do predador e T8 - aplicação de dispersão oleosa de conídios (DO) de *B. bassiana* na concentração de $6,3 \times 10^7$ conídios viáveis/mL e posterior liberação do predador.

Na casa de vegetação (8 m de comprimento x 4,5 m de largura x 5 m de altura), os vasos foram dispostos em seis bancadas (1,3 m altura x 0,5 m largura x 3,5 m de comprimento), sendo cada bancada considerada como um bloco, onde foi colada uma planta de cada tratamento; na bancada as plantas foram distanciadas em 0,35 m e a distância entre bancadas foi de 1,0 m. As plantas foram previamente infestadas com ácaro-rajado (20 fêmeas recém-acasaladas/planta) obtido de criação em feijão-de-porco, conforme procedimento descrito no experimento 1. A borda superior interna de cada vaso e a mangueira de gotejo de cada planta de pimentão foram contornados com cola entomológica e as plantas não se tocaram para evitar a fuga dos ácaros.

Após duas semanas da infestação de *T. urticae* procedeu-se a aplicação das preparações de *B. bassiana* no início da manhã, mediante uso de um pulverizador manual de pressão acumulada (Guarany®, capacidade de 1,25 L), equipado com bico de jato tipo cone vazio. Foram aplicados 50 mL de calda por planta. Para a aplicação das preparações de *B. bassiana*, os vasos foram cuidadosamente removidos da casa de vegetação, pulverizados e depois voltaram para suas respectivas posições dentro da casa de vegetação. A liberação do ácaro predador *N. californicus* foi realizada após seis horas da pulverização do fungo, seguindo os mesmos procedimentos descritos no experimento 1. Entretanto, neste experimento adotou-se uma relação presa-predador de 1:4 (1 predador: 4 indivíduos do ácaro-rajado), ou seja, menor que no estudo anterior, no intuito de propiciar melhores condições para a efetividade do controle biológico. Com base na avaliação prévia da infestação do ácaro-rajado e para atender a relação predador-presa, foram liberados 50 ácaros predadores por planta.

A densidade populacional do ácaro-rajado (ovos, larvas, ninfas e adultos) em cada um dos tratamentos foi estimada um dia antes (prévia) e após 7 e 14 dias da aplicação de *B. bassiana* nas plantas, enquanto a população de *N. californicus* foi avaliada somente após 7 e 14 dias da sua liberação. Na primeira avaliação do ácaro-rajado (prévia) efetuou-se uma amostragem não-destrutiva, que consistiu na inspeção de 18 folhas por parcela,

correspondendo a três folhas por planta (uma folha dos terços superior, mediano e inferior da copa), com auxílio de lupa de 10 vezes de aumento. Para as demais avaliações da infestação do ácaro-rajado e para a densidade populacional do predador foram coletadas, aleatoriamente, 24 folhas por parcela, sendo quatro folhas por planta (duas folhas do terço superior e duas do terço mediano), as quais foram acondicionadas em sacos confeccionados em papel kraft e colocados em caixas de isopor contendo gelo. Em seguida foram transportadas ao Laboratório de Entomologia da Embrapa Hortaliças, onde a contagem do número de ácaros (fitófagos e predadores) foi realizada com auxílio de microscópio estereoscópico, com aumento de 20 vezes. Exemplares dos ácaros foram coletados com pincel e mantidos em álcool 70% para posterior montagem, identificação e confirmação das espécies presentes na área.

As densidades populacionais de ambas espécies de ácaros foram expressas em número de adultos, ovos e imaturos (larvas e ninfas) por folha. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com seis repetições, sendo cada repetição representada por uma planta de cada tratamento. Para o ácaro-rajado foram considerados oito tratamentos, enquanto para o predador *N. californicus* foram avaliados quatro tratamentos (exclusão das testemunhas relativas SA e DO, as quais não receberam liberação do predador). Os dados foram transformados em $\log(x+1)$ e submetidos à análise de variância (Anova), no arranjo em parcelas subdivididas, onde a sub-parcela correspondeu às épocas de avaliação. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância. Quando detectada a interação significativa entre tratamentos (preparações) e época de avaliação, procedeu-se a comparação das médias dos tratamentos dentro de cada época de avaliação. A eficiência de controle (%) foi estimada pela fórmula de Henderson e Tilton (1955), tendo como base os níveis populacionais do ácaro na testemunha com água e Tween 80 (testemunha SA), entre a avaliação prévia (antes da aplicação do fungo) e as demais épocas de avaliação, respectivamente.

A temperatura e a umidade relativa do ar dentro do telado foram registradas a cada 30 minutos, mediante dois data loggers (HOBO U12-012; Onset Computer Corporation, Cape Cod, MA), protegidos da luz direta do sol, instalados a 20 cm da copa das plantas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Efeito da concentração de conídios do fungo *B. bassiana*, da liberação do predador *N. californicus* e compatibilidade entre inimigos naturais

As médias de temperatura e umidade relativa do ar registradas durante o experimento em casa de vegetação foram de $24,6 \pm 2,3^{\circ}\text{C}$ (mínima de $19,7^{\circ}\text{C}$ e máxima de $28,3^{\circ}\text{C}$) e de $61,2 \pm 2,3\%$ (mínima de $47,6\%$ e máxima de $74,4\%$), respectivamente. Níveis médios de umidade relativa do ar abaixo de 50% foram registrados por cerca de 6,3 horas/dia (entre 12h e 21h) na segunda semana do experimento.

A infestação de *T. urticae* um dia antes do uso dos agentes de controle biológico (avaliação prévia) foi semelhante entre os tratamentos (Anova, adultos: $F_{5,30} = 1,13$; $P = 0,3744$; ovos: $F_{3,28} = 0,65$; $P = 0,6652$; imaturos: $F_{3,28} = 0,38$; $P = 0,8199$) e variou de 5,6 a 6,9 adultos/folha (Tabela 1), de 7,9 a 10,5 ovos/folha (Tabela 2) e de 13,0 a 16,1 imaturos (larvas+ninfas)/folha (Tabela 3). Estes resultados indicaram que a infestação inicial do ácaro-rajado foi homogênea entre as plantas de pimentão.

A população de *T. urticae* nas plantas de pimentão que não recebeu os inimigos naturais (testemunha, tratamento SA) apresentou crescimento rápido, teve pico aos 28 dias da infestação (14 dias após a aplicação dos tratamentos) e em seguida declinou, chegando a quase zero na semana seguinte. Paralelamente, observou-se um intenso amarelecimento das folhas, que progrediu rapidamente da base para o ápice do dossel, seguido pela desfolha precoce das plantas. As temperaturas altas e a redução progressiva da umidade relativa do ar registradas dentro da casa de vegetação ao longo do experimento foram muito favoráveis à infestação de *T. urticae* nas plantas de pimentão. Surtos populacionais do ácaro-rajado em diferentes culturas estão associados a condições de clima quente e seco (Pascual; Ferragut, 2003; Fadini et al., 2004; White; Liburd, 2005; Castilho et al., 2015). O período de ovo a adulto para fêmeas do ácaro-rajado pode durar entre 8 e 12 dias (Bounfour; Tanigoshi, 2001; Farazmand, 2020). Contudo, a duração do ciclo biológico dessa praga pode chegar a menos de 5 dias sob temperaturas de 28°C a 32°C , com aumento acentuado na taxa de oviposição e na fecundidade do ácaro-rajado (Bounfour; Tanigoshi, 2001; Praslicka; Huszar, 2004; Naher et al., 2018).

A severa infestação de *T. urticae*, aliado às altas temperaturas e queda na umidade relativa, também contribuíram para a rápida senescência das plantas de pimentão que não receberam os agentes de controle biológico (testemunha). Infestações severas deste ácaro combinadas com altas temperaturas e estresse hídrico podem induzir a queda

repentina e massiva de folhas em diferentes culturas (Zhang, 2003; Aucejo-Romero et al., 2004). Gallardo et al. (2005) relatou que plantas de pimentão submetidas a infestações superiores a 40 ácaros/planta apresentaram redução na sua longevidade e na quantidade de folhas. No presente estudo, a densidade de formas móveis (adultos + imaturos) do ácaro-rajado na testemunha (soma de valores das Tabelas 1 e 3), passou de 20,62 indivíduos/folha na avaliação prévia para 66,02 indivíduos/folha aos 28 dias da infestação (14 dias após a aplicação dos tratamentos). Consequentemente, a acelerada deterioração das plantas de pimentão na testemunha resultou no declínio subto da população do ácaro-rajado e a comparação dos tratamentos só foi possível em duas épocas de avaliação (7 e 14 dias) após o uso dos agentes de controle biológico.

Tabela 1. Número médio ($\pm$ EP) adultos de *Tetranychus urticae* por folha em plantas de pimentão cv. Dahara RX, aos 7 e 14 dias da aplicação das preparações do fungo *Beauveria bassiana*, em casa de vegetação. Brasília, 2025.

Tratamento	Dias antes e após a aplicação do fungo ¹			Eficiência (%) ²	
	Prévia	7	14	7	14
Testemunha (água)	5,60 $\pm$ 0,93 a	8,61 $\pm$ 0,83 aB	19,81 $\pm$ 1,20 aA	-	-
<i>Neoseiulus californicus</i> + água	6,90 $\pm$ 0,44 a	4,92 $\pm$ 0,78 bB	17,80 $\pm$ 0,98 aA	53,2	27,08
<i>Beauveria bassiana</i> [1x10 ⁸ conídios/mL]	6,60 $\pm$ 0,52 a	4,13 $\pm$ 0,87 bB	11,01 $\pm$ 1,28 bA	59,30	52,84
<i>Beauveria bassiana</i> [2x10 ⁸ conídios/mL]	5,70 $\pm$ 0,74 a	1,66 $\pm$ 0,48 cB	4,81 $\pm$ 1,05 cA	81,06	76,15
<i>B. bassiana</i> [1x10 ⁸] + <i>N. californicus</i>	6,00 $\pm$ 0,61 a	3,50 $\pm$ 1,06 bcB	8,84 $\pm$ 1,33 bA	62,06	58,35
<i>B. bassiana</i> [2x10 ⁸] + <i>N. californicus</i>	6,30 $\pm$ 0,59 a	1,58 $\pm$ 0,89 cB	4,49 $\pm$ 1,11 cA	81,97	79,85

¹Médias ($\pm$ EP), dentro de cada época de avaliação, seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). Dados transformados em log(x+1) para as análises estatísticas.

²Eficiência de controle calculada pela fórmula de Henderson e Tilton (1955).

Tabela 2. Número médio ($\pm$ EP) de ovos de *Tetranychus urticae* por folha em plantas de pimentão cv. Dahara RX, aos 7 e 14 dias da aplicação das preparações do fungo *Beauveria bassiana*, em casa de vegetação. Brasília, 2025.

Tratamento	Dias antes e após a aplicação do fungo ¹			Eficiência (%) ²	
	Prévia	7	14	7	14
Testemunha	8,47 $\pm$ 2,09 a	16,93 $\pm$ 3,75 aB	38,95 $\pm$ 3,27 aA	-	-
<i>Neoseiulus californicus</i> + água	8,70 $\pm$ 1,47 a	6,70 $\pm$ 1,07 bB	32,97 $\pm$ 2,15 aA	61,49	17,62
<i>Beauveria bassiana</i> [1x10 ⁸ conídios/mL]	10,50 $\pm$ 1,61 a	7,49 $\pm$ 1,30 bB	24,92 $\pm$ 1,43 bA	64,34	48,40
<i>Beauveria bassiana</i> [2x10 ⁸ conídios/mL]	7,90 $\pm$ 2,47 a	3,60 $\pm$ 1,15 cB	16,99 $\pm$ 1,26 cA	77,20	53,26
<i>B. bassiana</i> [1x10 ⁸] + <i>N. californicus</i>	9,00 $\pm$ 2,09 a	2,80 $\pm$ 1,40 cB	14,74 $\pm$ 2,07 cA	84,44	64,39
<i>B. bassiana</i> [2x10 ⁸] + <i>N. californicus</i>	8,10 $\pm$ 1,95 a	4,33 $\pm$ 1,36 bcB	18,10 $\pm$ 1,32 cA	73,26	51,41

¹Médias ($\pm$ EP), dentro de cada época de avaliação, seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$). Dados transformados em $\log(x+1)$ para as análises estatísticas.

²Eficiência de controle calculada pela fórmula de Henderson e Tilton (1955).

Tabela 3. Número médio ($\pm$ EP) imaturos (larvas+ninfas) de *Tetranychus urticae* por folha em plantas de pimentão cv. Dahara RX, aos 7 e 14 dias da aplicação das preparações do fungo *Beauveria bassiana*, em casa de vegetação. Brasília, 2025.

Tratamento	Dias antes e após a aplicação do fungo ¹			Eficiência (%) ²	
	Prévia	7	14	7	14
Testemunha (água)	13,06 $\pm$ 2,16 a	20,09 $\pm$ 1,93 aB	46,21 $\pm$ 2,80 aA	-	-
<i>Neoseiulus californicus</i> + água	16,10 $\pm$ 1,03 a	11,49 $\pm$ 1,81 bB	41,54 $\pm$ 2,29 aA	53,61	27,08
<i>Beauveria bassiana</i> [1x10 ⁸ conídios/mL]	15,41 $\pm$ 1,21 a	9,65 $\pm$ 2,02 bB	25,69 $\pm$ 2,99 bA	59,23	52,88
<i>Beauveria bassiana</i> [2x10 ⁸ conídios/mL]	13,30 $\pm$ 1,73 a	4,50 $\pm$ 1,11 cB	11,22 $\pm$ 3,69 cA	78,00	76,16
<i>B. bassiana</i> [1x10 ⁸] + <i>N. californicus</i>	14,00 $\pm$ 1,43 a	2,73 $\pm$ 2,09 cB	10,48 $\pm$ 2,80 cA	87,95	79,89
<i>B. bassiana</i> [2x10 ⁸] + <i>N. californicus</i>	14,73 $\pm$ 1,37 a	5,82 $\pm$ 1,54 bcB	15,96 $\pm$ 3,50 cA	74,31	67,78

¹Médias ($\pm$ EP), dentro de cada época de avaliação, seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). Dados transformados em $\log(x+1)$ para as análises estatísticas.

²Eficiência de controle calculada pela fórmula de Henderson e Tilton (1955).

Constatou-se efeito significativo do efeito da interação entre tratamento e época de avaliação para a densidade populacional de adultos ($F_{5,20} = 3,20$; $P = 0,0276$), de ovos ($F_{5,20} = 22,68$, $P < 0,0001$) e de imaturos ($F_{5,20} = 48,14$, $P < 0,0001$), do ácaro-rajado. Sete dias após o uso dos agentes de controle biológico, tanto nas plantas tratadas exclusivamente com *N. californicus* como aquelas com o fungo *Beauveria bassiana* e com a combinação de ambos (fungo+predador) houve redução acentuada na infestação do ácaro-rajado em relação à testemunha SA, com diferenças significativas entre os tratamentos (Tabelas 1-3). A eficiência de controle para adultos, ovos e imaturos do ácaro-rajado em plantas tratadas exclusivamente com *N. californicus* foi de 53,2%, 61,5% e 53,4%, respectivamente. Isto demonstrou que o predador teve impacto significativo em

diferentes estágios de desenvolvimento do ácaro-rajado, sendo mais efetivo contra ovos em relação aos adultos e imaturos. O menor impacto de *N. californicus* sobre a população de adultos do ácaro-rajado deve-se a sua maior preferência por estágios imaturos e ovos de tetraniquídeos (Blackwood et al. 2001; Canlas et al., 2006; Akyazi et al., 2019) e a sua menor capacidade de captura de adultos de *T. urticae* (Rahmani et al., 2016), muito embora a influência desses fatores também dependam do estágio de desenvolvimento do predador e da disponibilidade simultânea dos diferentes tipos de presas (Rahmani et al., 2016; Rezaie et al., 2017).

Resultados promissores de *N. californicus* contra *T. urticae* em plantas de pimentão também foram relatados por Castagnoli et al. (2004) em casa de vegetação na Itália, Palevsky et al., (2008) em câmara climatizada em condições de alta temperatura e baixa umidade relativa do ar e por Weintraub et al. (2008) em estufa tipo túnel sob clima semiárido de Israel. Considerando uma população de 24.000 plantas de pimentão em 1 hectare de estufa (Freitas et al., 2019) e a dose recomendada pelas biofábricas brasileiras de 20.000 indivíduos de *N. californicus* por hectare, em duas aplicações mensais (Agrofit, 2025), a proporção recomendada seria de até 1,67 predadores por planta de pimentão. Neste estudo adotou-se uma estratégia de liberação para controle curativo, ou seja, o predador foi liberado após a infestação do ácaro-rajado. Nessas condições, foram liberados 50 indivíduos por planta, portanto utilizou-se uma dose muito mais alta que a recomendada. Embora a infestação inicial do ácaro-rajado (cerca de 6 adultos/folha ou 20,6 formas móveis/folha) possa ser considerada alta para o pimentão em relação ao proposto por Moura (2016) e El Arnaouty et al. (2020), a quantidade de predadores liberados correspondeu a uma proporção predador-presa ainda favorável, ficando próxima de 1:10 (1 predador: 10 presas). Estas condições explicariam o rápido declínio da infestação do ácaro-rajado na primeira semana após a liberação do predador. A relação predador-presa mais apropriada para o controle biológico de ácaros tetraniquídeos tem variado de 1 para 3 até 1 para 10, dependendo da espécie do ácaro a ser controlada, da espécie do ácaro predador, da cultura e do modelo de produção envolvidos (estufa x campo aberto) (Greco et al. 2005; Fraulo; Liburd 2007; Akyazi; Liburd, 2019; Aid et al., 2020; Meskov, 2024; Hernández-Valencia et al., 2024; Yamada et al., 2025). Estudos realizados por Greco et al. (2005) na Argentina e por Fraulo e Liburd (2007) na Florida, com morangueiros e *T. urticae* em estufa e campo aberto, demonstraram que uma liberação de *N. californicus* com relação predador-presa inicial de 1:10 foi determinante

para se atingir altos níveis de controle do ácaro fitófago, resultando na manutenção da infestação em níveis toleráveis por cerca de 25 dias. Em cultivos de pimentão sob estufa tipo túnel, nas condições de altas temperaturas e baixa UR de Israel, Weintraub et al. (2008) constaram que a liberação de uma linhagem de *N. californicus* adaptada às condições semiáridas, reduziu a infestação do ácaro-rajado em níveis similares ao controle químico. Ao longo de várias safras de cultivo, a estratégia de controle curativo (após a infestação da praga), com a liberação do predador na taxa de 20 indivíduos por planta, propiciou redução na população de *T. urticae* entre 43,5% a 87,7%.

Embora a infestação do ácaro-rajado na testemunha tenha sido elevada aos 14 dias do experimento, houve queda no desempenho de todos os tratamentos com os agentes de controle biológico (Tabelas 1-3). Nesta época de avaliação, a infestação de *T. urticae* nas plantas que receberam apenas predadores não diferiu da testemunha, apresentando níveis de redução populacional inferiores a 28% para todos os estádios de desenvolvimento da praga. O efeito de curto prazo na supressão populacional do ácaro-rajado por *N. californicus* poderia ser explicado pelo declínio subto da população desse predador seguido pela recuperação rápida da infestação de *T. urticae* após a primeira semana da liberação do inimigo natural. A razão pela qual a população de *N. californicus* não se manteve nas plantas de pimentão não está clara, mas poderia estar relacionada à certas condições adversas ao predador na casa de vegetação. Primeiramente, o microclima pode ter contribuído para esses resultados. A capacidade de sobrevivência, a predação e a reprodução dos fitoseídeos são afetadas negativamente pela alta temperatura e baixa umidade, as quais podem interagir entre si (Walzer et al., 2007; Döker et al., 2016; Ghazy et al., 2016; Michereff-Filho et al., 2022), enquanto os ácaros da família Tetranychidae são favorecidos sob essas condições (Vacante 2015; Lemaire et al., 2025). As condições higrotérmicas favoráveis para *N. californicus* são temperatura média diária na faixa de 24-32°C, podendo tolerar até 35°C e umidade relativa na faixa de 60-80%, podendo tolerar até 40% durante poucos dias (Barber et al., 2003; Malais; Ravensberg, 2003; Gotoh et al., 2004; Weintraub et al., 2008). Embora Michereff-Filho et al. (2022) tenham utilizado com sucesso uma linhagem de *N. californicus* tolerante à baixa umidade, para o presente estudo o produto com a referida linhagem não encontrava-se mais disponível no mercado nacional e foram utilizados predadores da mesma espécie, porém de outra biofábrica localizada na região Sudeste do país. Portanto, a linhagem do predador liberada

não tinha adaptação e não conseguiu se aclimatar aos níveis de baixa umidade relativa do ar prevalente da estação seca do bioma Cerrado.

Por fim, a própria planta de pimentão, no estágio de desenvolvimento em que ocorreu liberação do predador, também pode não ter oferecido condições favoráveis para a persistência do inimigo natural. A baixa densidade de folhas no dossel das plantas jovens de pimentão (60-70 dias do transplântio e cerca de 64 folhas/planta) combinada ao “efeito estufa” no ambiente interno da casa de vegetação durante as tardes ensolaradas, podem ter propiciado condições desfavoráveis ao predador. Sabe-se que, plantas com pouca folhagem e dossel com arquitetura aberta, como observado nas plantas jovens de pimentão, podem tornar os predadores mais expostos à luz direta do sol, às altas temperaturas e baixa umidade (Buitenhuis et al., 2010; Weintraub et al., 2007). Adicionalmente, a falta de contato entre as folhas das plantas adjacentes e a presença de barreira física nos vasos para evitar a fuga dos ácaros podem ter limitado a dispersão dos predadores e aumentado o risco de queda e morte nas bancadas durante a sua tentativa de deslocamento em busca de novas fontes alimentares e de abrigo contra as condições microclimáticas adversas, conforme já relatado em outros estudos (Skirvin; Fenlon, 2003; Lemaire et al., 2025).

Os resultados deste estudo revelaram que o uso de forma exclusiva do predador, em uma única liberação, não gerou controle do ácaro-rajado de forma sustentável, em longo prazo, indicando a necessidade de liberações mais frequentes desse inimigo natural durante o cultivo. Situação similar foi relatada por Howell e Daugovish (2016) em cultivos de morango em campo aberto na Califórnia, nos quais uma liberação de *N. californicus* (61.000 predadores por ha) foi capaz de diminuir a população de *T. urticae* imediatamente após sua liberação, porém não conseguiu manter baixas as infestações da praga após 1 a 2 semanas da liberação. Estes autores também mencionaram que para o controle efetivo de *T. urticae* seriam necessárias várias liberações do predador, com baixa infestação inicial do ácaro-praga e em taxas de liberação (predadores/ha) mais elevadas.

No uso exclusivo de *B. bassiana* houve redução significativa da infestação de *T. urticae* entre as duas concentrações de conídios e destas em relação à testemunha, com melhor desempenho de 2×10^8 conídios viáveis/mL nas duas épocas de avaliação (Tabelas 1-3). Aos setes dias após o início do experimento, a aplicação do fungo na concentração de 1×10^8 conídios viáveis/mL propiciou redução populacional entre 59,3% e 64,3% para adultos, ovos e imaturos do ácaro-rajado, respectivamente. Por outro lado, a aplicação de

B. bassiana na maior concentração (2×10^8 conídios viáveis/mL) garantiu melhor desempenho, com eficiência de controle entre 75,3% e 81% para todos os estádios de desenvolvimento de *T. urticae*. Aos 14 dias da aplicação houve redução na eficiência de todos os tratamentos, principalmente sobre ovos de *T. urticae*. Nesta avaliação, a menor concentração do fungo (1×10^8 conídios viáveis/mL) ocasionou níveis de redução populacional inferiores a 53% para todos os estádios de desenvolvimento do ácaro-rajado, enquanto na maior concentração (2×10^8 conídios viáveis/mL) a eficiência de controle de adultos e imaturos ficou em torno de 76% e a de ovos chegou a 53,3%. Independente da época de avaliação, ambas concentrações de conídios do fungo causaram maior impacto negativo sobre imaturos do que ovos do ácaro-rajado. Mesmo sob condições climáticas desfavoráveis para a infecção, o fungo *B. bassiana* mostrou-se eficaz contra o ácaro-rajado em casa de vegetação. O isolado CG 18 de *B. bassiana* também foi altamente virulento ao ácaro-rajado no estudo realizado por Michereff-Filho et al. (2022), os quais relataram alta mortalidade de adultos, baixo número de descendentes (ovos+larvas) de fêmeas adultas previamente expostas a *B. bassiana*, assim como a menor taxa instantânea de crescimento populacional desse ácaro, ao longo de cinco dias da aplicação do entomopatógeno.

Com base nos resultados do bioensaio de dose-resposta e na equação de regressão apresentados por Michereff-Filho et al. (2022), as concentrações testadas do isolado CG 18 nesse estudo (1×10^8 e 2×10^8 conídios viáveis/mL) estariam próximas das estimativas de DL_{50} e DL_{80} , respectivamente, o que mostra que os resultados em casa de vegetação convergiram com aquela pesquisa previamente realizada em laboratório. Os níveis de redução populacional de *T. urticae* obtidos no presente estudo também foram similares aos obtidos pelo uso de outros isolados de *B. bassiana* muito promissores contra ácaros tetraniquídeos (Chandler et al. 2005; Shi et al., 2008a; Gatarayiha et al., 2011; Ullah; Lim, 2017a), revelando o potencial do isolado CG18 como agente de controle biológico dentro de uma perspectiva do manejo integrado de pragas do pimentão sob cultivo protegido.

O estágio de desenvolvimento é um dos principais fatores determinantes para o nível de suscetibilidade dos artrópodes aos fungos entomopatogênicos (Wekesa et al., 2006; Bugeme et al., 2014). A menor suscetibilidade de ovos e imaturos (larvas e ninfas) de *T. urticae* à *B. bassiana* também foi relatada em outros estudos (Gatarayiha et al., 2010; Bugeme et al., 2014; Khoury et al., 2020; Michereff-Filho et al., 2022), nos quais

as diferenças na suscetibilidade à infecção fúngica foram atribuídas à falta de nutrientes na superfície da casca do ovo, ao processo de muda (ecdises frequentes em pequeno intervalo de tempo) e subsequente descarte dos conídios com a velha cutícula, bem como ao menor tamanho do corpo e à baixa taxa de mobilidade dos estágios imaturos em relação aos adultos, que reduzem o contato com os conídios depositados na superfície da planta. Da mesma forma, adultos e deutoninfas (último estágio ninfal) de *T. urticae* são mais suscetíveis aos fungos entomopatogênicos do que larvas e ovos (Bugeme et al., 2014).

A metodologia adotada no presente estudo em casa de vegetação não permitiu determinar o quanto da redução no número de ovos e imaturos estava associada aos efeitos diretos da patogênese do fungo. Por outro lado, não se pode descartar que os menores níveis de eficiência de controle de *B. bassiana* sobre ovos e imaturos do ácaro-rajado tenham sido influenciados pela oviposição de adultos de *T. urticae* infectados. Isto seria plausível porque: i) uma fêmea de *T. urticae* criada em pimentão pode depositar um total de 71,5 ovos e até 4,3 ovos por dia (Praslička; Huszar, 2004; Gallardo et al., 2005); ii) ácaros adultos infectados por *B. bassiana* morrem entre 6 e 11 dias após a sua inoculação em laboratório (Gatarayih et al., 2010) e iii) fêmeas de *T. evansi* conseguem ovipositar até 6 dias após o tratamento com esse fungo (Wekesa et al., 2006).

Do ponto de vista do manejo de pragas, a fase adulta e de ovo mostraram-se como os estágios críticos a serem atingidos para o sucesso no controle populacional de *T. urticae* (Dogana et al., 2017; Qayyum et al., 2025a). Neste contexto, justifica-se a associação de agentes de controle biológico que atuem efetivamente em diferentes fases de desenvolvimento dessa ácaro-praga e se complementem. As maiores reduções na população de adultos de *T. urticae*, em ambas avaliações após o início do experimento, foram constatadas com a aplicação exclusiva de *B. bassiana* na maior concentração (2×10^8 conídios/mL) e com a aplicação de *B. bassiana* nessa mesma concentração seguida pela liberação de *N. californicus*, as quais não diferiram entre si e geraram níveis de controle superiores a 81% e 76%, respectivamente aos 7 e 14 dias após a sua aplicação (Tabela 1).

Considerando a infestação de ovos e imaturos de ácaro-rajado (Tabelas 2-3), os melhores resultados foram alcançados pela aplicação exclusiva de *B. bassiana* na maior concentração (2×10^8 conídios/mL) e pela combinação do fungo na menor concentração de 1×10^8 conídios/mL e de *N. californicus*, sem diferença significativa entre si em ambas datas de avaliação. A combinação de *B. bassiana* na concentração de 1×10^8 conídios/mL

e do predador *N. californicus* causou maior redução na infestação de ovos e imaturos do ácaro-rajado do que o uso exclusivo, tanto de *B. bassiana* na mesma concentração, como do predador isoladamente. Estes resultados indicaram uma interação positiva entre os agentes de controle biológico e um efeito aditivo no controle do ácaro-rajado. Em termos de eficácia de controle, a combinação do fungo e predador foi mais promissora que o uso exclusivo de *B. bassiana*, principalmente sobre imaturos do ácaro-rajado após 14 dias da aplicação dos tratamentos, propiciando controle próximo à 80%. Nesta avaliação, o emprego do dobro da concentração de conídios (2×10^8 conídios/mL), tanto na aplicação exclusiva de *B. bassiana*, como na combinação desse fungo com o predador foi menos efetivo contra ovos e imaturos de *T. urticae* que o uso associado do fungo na menor concentração (1×10^8 conídios/mL) e de *N. californicus*. Desta forma, constatou-se que não houve incremento evidente no controle de ovos e imaturos do ácaro-rajado pela combinação do fungo na maior concentração (2×10^8 conídios/mL) e do predador e, que nesta concentração, a eficácia da aplicação simultânea dos dois agentes de controle ocorreu principalmente em razão da ação do fungo, provavelmente em razão dos efeitos de uma interação negativa entre esses inimigos naturais.

Embora o isolado CG18 seja altamente eficiente contra *T. urticae* em uso exclusivo quando aplicado na concentração de 2×10^8 conídios/mL, na prática, sua adoção na cultura do pimentão seria economicamente inviável. Para que essa concentração seja alcançada, através de uma pulverização (500 L de calda/ha) com acaricidas biológicos disponíveis no mercado nacional (concentrações de 2×10^9 a 8×10^9 conídios/g de produto comercial; Agrofit 2025), seria necessário aplicar uma dose de 5×10^{13} conídios/ha, correspondendo a mais de 12,0 kg de produto comercial/ha e isso resultaria em um custo de aplicação muito elevado (R\$ 225,00 a R\$ 557,00/kg de produto, cotação em outubro de 2025) para a rentabilidade da cultura no momento. Portanto, o uso combinado de *B. bassiana* com o predador seria a estratégia mais conveniente.

A população de *N. californicus* na testemunha (apenas água+Tween 80) aos sete dias após o início do experimento foi de $2,0 \pm 0,2$ adultos folha⁻¹ (Figura 2), de $11,8 \pm 1,4$ ovos folha⁻¹ (Figura 3) e de $4,7 \pm 0,5$ imaturos (larvas+ninfas) folha⁻¹ (Figura 4). Embora a infestação do ácaro-rajado na testemunha tenha sido elevada aos 14 dias do experimento, detectou-se um declínio na população de *N. californicus* ($0,7 \pm 0,1$ adultos folha⁻¹; $4,8 \pm 1,5$ ovos folha⁻¹; $1,7 \pm 0,3$ imaturos folha⁻¹) em todas as plantas tratadas com esse predador (Figuras 2-4), provavelmente em razão de condições desfavoráveis ocasionadas pelo avanço da estação seca. A densidade populacional de todas as fases de desenvolvimento de *N. californicus* foi significativamente menor nas plantas tratadas com *B. bassiana* em relação à testemunha (adultos: $F_{2,8} = 70,45$; $P = 0,0148$; ovos: $F_{2,8} = 68,83$; $P < 0,0001$; imaturos: $F_{2,88} = 70,45$; $P < 0,0001$). Entretanto, houve efeito significativo da interação entre a concentração de conídios de *B. bassiana* e a época de avaliação para adultos ($F_{2,8} = 7,35$; $P = 0,0154$) e imaturos ($F_{2,8} = 8,93$; $P = 0,0092$) do predador. Aos 7 dias da aplicação do fungo as densidades populacionais de adultos e imaturos de *N. californicus* foram significativamente menores em plantas tratadas com 2×10^8 conídios viáveis/mL do que naquelas com 1×10^8 conídios viáveis/mL, porém não observou-se diferença entre as duas concentrações do fungo na avaliação realizada aos 14 dias da aplicação (Figuras 2 e 4). Plantas tratadas com a maior concentração de *B. bassiana* (2×10^8 conídios viáveis/mL) apresentaram as menores densidades de ovos do predador ($F_{2,8} = 68,83$; $P < 0,0001$) e esse efeito deletério manteve-se até o final do experimento (interação: $F_{2,8} = 0,31$; $P = 0,9812$) (Figura 3). Aos 14 dias da aplicação, *B. bassiana* na maior concentração de conídios (2×10^8 /mL) propiciou reduções superiores a 90% nas densidades populacionais de adultos e imaturos de *N. californicus*, enquanto a redução na densidade de ovos em relação à testemunha chegou a 74,2%.

O isolado CG18 de *B. bassiana* foi tão virulento ao ácaro-rajado quanto ao predador e as duas concentrações desse fungo causaram mortalidade acumulada de adultos de *N. californicus* significativamente maior que na testemunha e também diferiram entre si. A suscetibilidade desse predador ao fungo de *B. bassiana* não foi inesperada considerando a ampla gama de hospedeiros dessa espécie de fungo e o seu potencial para causar efeitos deletérios em ácaros predadores da família Phytoseiidae (Ludwig; Oetting, 2001; Seiedy et al., 2012a; Midthassel et al., 2016; Wu et al., 2016). Wu et al. (2016) também constataram a falta de efeito aditivo no uso simultâneo do fungo *B. bassiana* (1×10^7 conídios/mL) e *N. barkeri* (100 indivíduos/planta) para controle de

Frankliniella occidentalis em plantas de pepino mantidas em casa de vegetação. Esses autores atribuíram os resultados a possíveis interações negativas entre os dois inimigos naturais. Adicionalmente, Michereff-filho et al. (2022) mencionaram que o isolado CG18 de *B. bassiana* aplicado diretamente sobre adultos do predador *N. californicus*, na concentração de 1×10^8 conídios viáveis/mL, ocasionou mortalidade de 77,3%.

Agentes fúngicos podem afetar negativamente os predadores fitoseídeos tanto direta como indiretamente, principalmente por reduzir a população da presa (competição por recursos), afetar a qualidade nutricional da presa e sua aceitação pelo ácaro predador (repelência/deterrência) e causar infecção direta no predador (Castagnoli et al., 2005; Duso et al., 2008; Numa-Vergel et al., 2011; Seiedy et al., 2012a; Seiedy et al., 2012b). Estas interações negativas entre os agentes de controle biológico podem resultar em efeito letal (redução na taxa de sobrevivência) direto no predador e em efeitos subletais, como mudanças na longevidade e fecundidade de adultos expostos ao fungo e no desempenho da progênie subsequente, além de redução da taxa de predação (resposta funcional) em decorrência de alterações no comportamento do predador após sua infecção ou mesmo diante de uma presa infectada (Duso et al., 2008; Wekesa et al., 2007; Numa Vergel et al., 2011; Seiedy et al., 2012a; Wu et al., 2015a; Wu et al., 2016; Ullah; Lim, 2017b; Michereff-filho et al. (2022). Vários estudos realizados em condições de laboratório e de casa de vegetação têm demonstrado a compatibilidade de isolados de *B. bassiana* com ácaros fitoseídeos, incluindo *N. californicus* (Chandler et al., 2005; Numa Vergel et al., 2011; Wu et al., 2014; Midthassel et al., 2016; Wu et al., 2016; Saito; Brownbridge, 2018). Embora nenhum efeito prejudicial significativo aos ácaros predadores tenha sido detectado nesses estudos, a concentração da suspensão de conídios aplicada foi dez vezes menor do que a utilizada no presente estudo (1×10^8 conídios/mL). Nessas concentrações baixas de conídios, os níveis de mortalidade baseadas na curva concentração-resposta para o isolado CG18 seriam insuficientes para controlar efetivamente a população de *T. urticae* (<30 % de mortalidade), conforme verificado por Michereff-Filho et al. (2022). Além disso, a compatibilidade entre fungos entomopatogênicos e ácaros fitoseídeos pode ser variável em razão do isolado, da concentração de conídios, do tipo de preparação (formulação), do momento de aplicação do fungo em relação à liberação do predador, da espécie ou linhagem do predador, da densidade de presas, do tipo de exposição ao agente microbiano e das condições ambientais (Duso et al., 2008; Seiedy et al., 2012a; Seiedy et al., 2015; Midthassel et al., 2016; Dogana et al., 2017). Mesmo quando não mata o ácaro

fitoseídeo, o fungo *B. bassiana* ainda pode reduzir a sua longevidade e a fecundidade, principalmente quando o predador for submetido a uma combinação de vias de exposição (tópica, superfície contaminada/resíduo seco, consumo de presas infectadas) e altas concentrações de conídios. A pulverização de *B. bassiana* a 1×10^8 conídios/mL em adultos de *Phytoseiulus persimilis* propiciou uma redução de 44% no período de oviposição, 26% na longevidade dos adultos e 63% na sua fecundidade, assim como afetou negativamente vários parâmetros da tabela de vida, indicando impacto potencial na dinâmica populacional do predador (Ullah; Lim, 2017b). A longevidade e a fecundidade também foram afetados negativamente quando o predador *P. persimilis* se alimentou com fêmeas de *T. urticae* infectadas por *B. bassiana* (Seiedy et al., 2012a). Resultados similares foram observados em *N. barkeri* após predação de larvas de *F. occidentalis* previamente inoculadas com *B. bassiana* (Wu et al., 2005b). Midthassel et al. (2016) relataram redução na sobrevivência e na fecundidade de adultos do predador *Amblyseius swirskii* após aplicação tópica e contato em superfície contaminada com o isolado GHA de *B. bassiana*, ambas na concentração de 1×10^8 conídios/mL, porém sem efeito na viabilidade de ovos e na sobrevivência da progênie. Por outro lado, Michereff-filho et al. (2022) não verificaram redução na progênie de fêmeas de *N. californicus* expostas ao isolado CG18 de *B. bassiana*, apesar da alta suscetibilidade dos adultos.

Dependendo da concentração de conídios utilizada, *B. bassiana* pode não ser seletivo em favor de *N. californicus*, principalmente quando esse predador for liberado poucas horas após à pulverização. Considerando que neste estudo, *B. bassiana* foi aplicado sobre as plantas de pimentão e a liberação do predador ocorreu 6 horas após, a exposição de *N. californicus* ao fungo, provavelmente ocorreu mediante a contaminação das formas móveis durante seu deslocamento em superfície contaminada com resíduo seco do fungo e o consumo de presas infectadas. Como há redução crescente na persistência dos conídios do fungo na superfície das folhas ao longo dos primeiros 4 dias da aplicação no campo (Inglis et al., 1993), esperava-se menor interferência de *B. bassiana* sobre *N. californicus*, em relação ao observado em laboratório por Michereff-filho et al. (2022). Entretanto, a redução drástica na densidade de presas pelo isolado CG18, provavelmente foi um dos fatores de maior impacto sobre a dinâmica populacional do predador na casa de vegetação. Este isolado de *B. bassiana* ocasionou rápido declínio populacional do ácaro-rajado, principalmente na maior concentrada testada (2×10^8 conídios/mL), através da qual a população original foi reduzida em mais de 80% e esse efeito perdurou até 14

dias. A combinação de escassez de recursos alimentares e estresse gerado pelas condições ambientais adversas, podem ter contribuído tanto para o limitado desempenho de *N. californicus* como para a baixa persistência de sua população em plantas jovens de pimentão sob cultivo protegido.

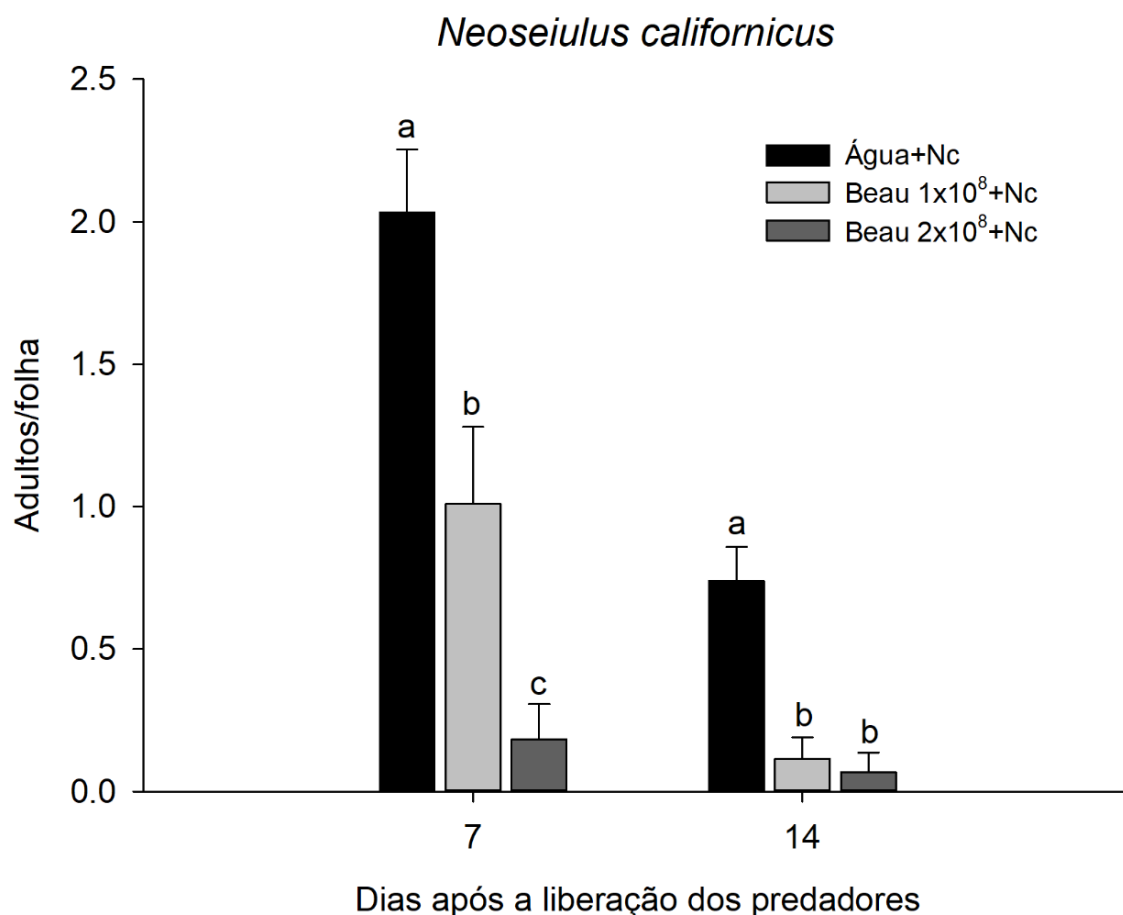


Figura 2. Valores médios ($\pm$ EP) de densidade de adultos do predador *Neoseiulus californicus* em folhas de pimentão, utilizado isoladamente ou em combinação com preparações do fungo *Beauveria bassiana*, após 7 e 14 dias da aplicação do fungo nas plantas, em condições de casa de vegetação. Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada época de avaliação, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Dados transformados em $\log(x+1)$ para as análises estatísticas. Nc - predador *N. californicus*; Beau - fungo acaropatógeno *B. bassiana*.

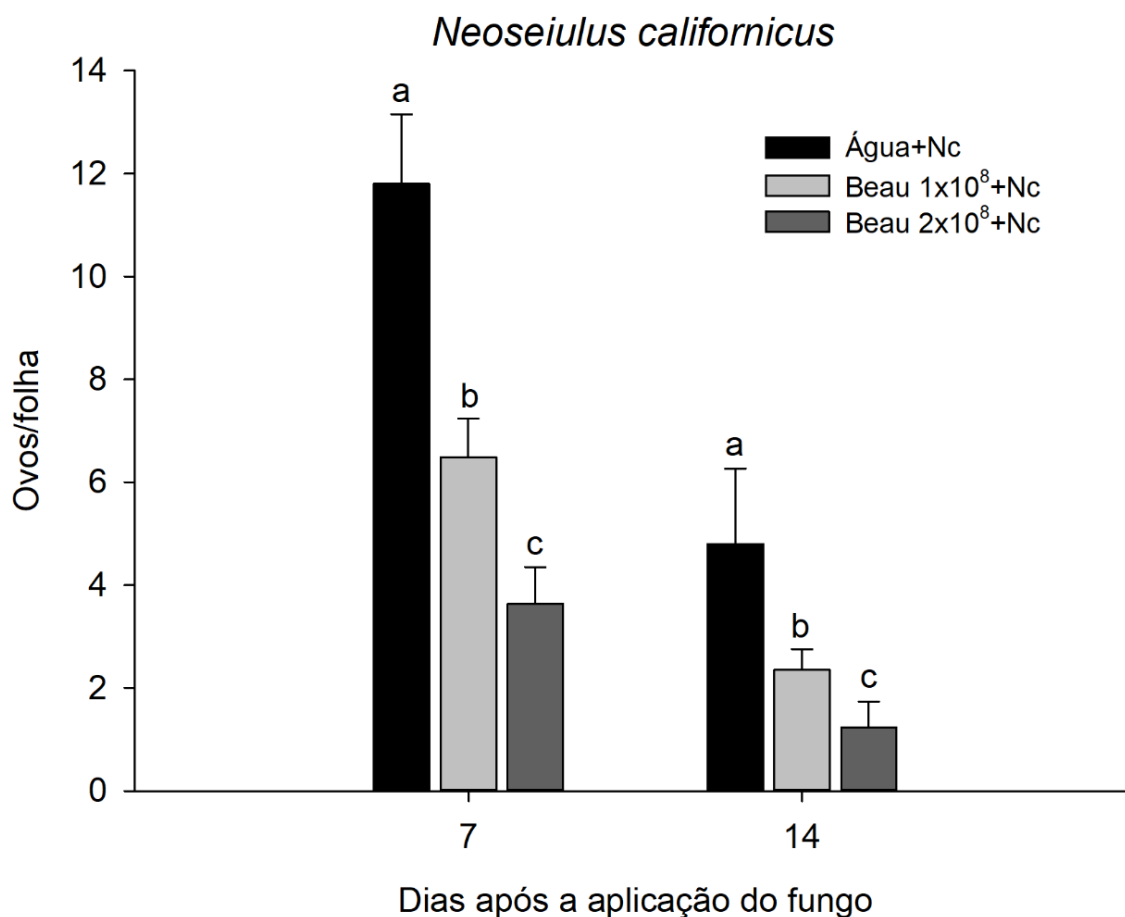


Figura 3. Valores médios ($\pm$ EP) de densidade de ovos do predador *Neoseiulus californicus* utilizado isoladamente ou em combinação com preparações do fungo *Beauveria bassiana*, após 7 e 14 dias da aplicação do fungo nas plantas, em condições de casa de vegetação. Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada época de avaliação, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Dados transformados em $\log(x+1)$ para as análises estatísticas. Nc - predador *N. californicus*; Beau - fungo acaropatógeno *B. bassiana*.

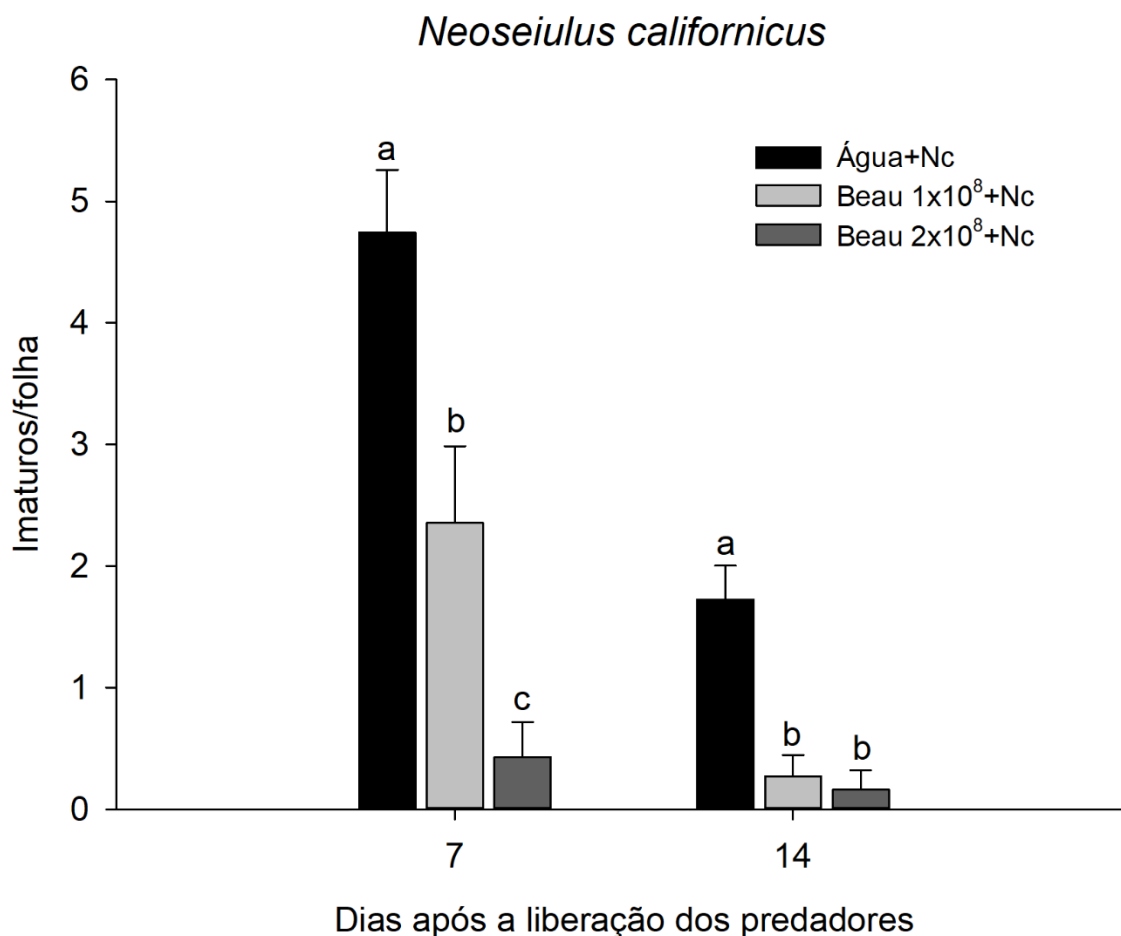


Figura 4. Valores médios ($\pm$ EP) de densidade de imaturos (larvas+ninfas) do predador *Neoseiulus californicus* utilizado isoladamente ou em combinação com preparações do fungo *Beauveria bassiana*, após 7 e 14 dias da aplicação do fungo nas plantas, em condições de casa de vegetação. Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada época de avaliação, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Dados transformados em $\log(x+1)$ para as análises estatísticas. Nc - predador *N. californicus*; Beau - fungo acaropatógeno *B. bassiana*.

5.2 Efeito da preparação do fungo *B. bassiana*, da liberação do predador *N. californicus* e compatibilidade entre inimigos naturais

Laboratório

Houve diferença significativa na mortalidade de adultos de *T. urticae* entre os tratamentos ($F_{3,28} = 38,79$; $P < 0,0001$). As preparações do isolado CG 18 de *B. bassiana* diferiram entre si e da testemunha (água+Tween 80). Os componentes da dispersão oleosa, sem conídios do fungo (T2), também diferiram da testemunha com água e Tween (T1), ocasionando cerca 15% de mortalidade de adultos de *T. urticae* (Tabela 4). Isto já era esperado, visto que *T. urticae* mostra-se suscetível ao óleo de soja e a misturas de

óleos vegetais, os quais causam asfixia mediante bloqueio dos espiráculos de adultos e larvas, repelência, podem afetar o desenvolvimento e a alimentação dos indivíduos, bem como a oviposição, a viabilidade dos ovos e a emergência de adultos (Moustafa et al., 2002; Takeda et al. 2020; Umetsu; Shirai, 2020; Teodoro et al., 2020; Bashiri et al., 2021; Qayyoun et al., 2025a).

O maior nível de mortalidade (>79%) foi obtido com a aplicação da dispersão oleosa de conídios do fungo (T4), enquanto a suspensão aquosa de conídios (T3) do mesmo isolado causou mortalidade inferior a 52% (Tabela 4). O uso de dispersão oleosa potencializou a ação do fungo comparado à suspensão aquosa, gerando incremento em cerca de 27% na mortalidade de adultos do ácaro. O aumento na eficácia de fungos entomopatogênicos pelo uso de conídios em formulações a base de óleo tem sido amplamente relatado em ácaros tetraniquídeos (Batta, 2003; Wekesa et al., 2005; Shi; Feng, 2006; Shi et al., 2008a; Maniania et al., 2008; Gatarayiha et al., 2010b). Os conídios de fungos entomopatogênicos, a exemplo de *B. bassiana*, são altamente hidrofóbicos, ou seja, não se misturam facilmente em água e não formam uma suspensão estável, mesmo com um agente molhante. Por outro lado, como são lipofílicos, os conídios são facilmente suspensos em óleo (Boucias et al., 1988 Faria; Wraight, 2007) e o melhor desempenho de *B. bassiana* formulado em óleos tem sido atribuído a maior adesão e dispersão dos conídios sobre a cutícula lipofílica dos artrópodes hospedeiros, do que quando utilizados em suspensão aquosa (Jones; Burges 1998; Faria; Wraight, 2007; Maniania et al., 2008).

A porcentagem de eclosão de ovos do ácaro-rajado não diferiu entre os tratamentos ($F_{3,12} = 1,38$; $P = 0,2967$) (Tabela 4), indicando que as preparações do isolado CG18 de *B. bassiana* e os adjuvantes utilizados não foram efetivos contra ovos desse ácaro. Com base na suspensão aquosa de conídios (T3) verificou-se que o isolado CG18 não apresentou ação ovicida quando aplicado diretamente sobre os ovos de *T. urticae*, na concentração de $6,3 \times 10^5$ conídios/mL. Resultados similares foram relatados por Gatarayiha et al. (2010). A mortalidade em ovos de tetraniquídeos ocasionada pela aplicação de fungos entomopatogênicos depende da concentração de conídios e do isolado testado. Os menores níveis de viabilidade de ovos foram ocasionados pelas concentrações mais elevadas (entre 1×10^7 e 1×10^8 conídios/mL) e poucos isolados foram efetivos (Irigaray et al., 2003, Shi; Feng, 2004, Wekesa et al., 2006; Bugeme et al. 2014). Isto pode ser explicado pela proteção da casca do ovo conferida ao embrião em desenvolvimento, funcionando como uma barreira natural, pela falta de nutrientes

(lipídeos) para o fungo na superfície da casca e pela ausência de hemocele no ovo, na qual as células fúngicas (blastósporos) podem se propagar por brotamento após a penetração na cutícula de imaturos e adultos do ácaro (Bugeme et al., 2014; Zhang et al., 2004). Neste estudo também ficou evidente que a formulação de conídios em óleo não potencializou a ação ovicida do isolado CG18, discordando de Shi et al. (2008b) que, relatou até 50% de mortalidade dos ovos de *T. urticae* pelo uso de uma formulação oleosa de *B. bassiana*. Esta divergência entre resultados deve-se, provavelmente, a diferenças na composição das formulações testadas. Aqueles autores utilizaram como carreador um tipo de óleo parafinado (mineral) e um emulsificante especial não especificado, enquanto neste trabalho, os adjuvantes da dispersão oleosa foram óleo de soja, agente molhante (Tween 80) e um estabilizador de suspensão experimental.

Tabela 4. Mortalidade acumulada média de adultos e porcentagem de eclosão de ovos de *Tetranychus urticae* em discos de folhas de feijão-de-porco, aos 4 dias e eclosão de ovos aos 5 dias, após aplicação de preparações de *Beauveria bassiana*, em condições de laboratório ($24,2 \pm 2,6^{\circ}\text{C}$ e $76,5 \pm 21\%$ de UR).

Tratamento	Mortalidade de adultos (%)	Eclosão de ovos (%)
1 - Testemunha SA*	$5,62 \pm 2,52$ d	$72,78 \pm 8,36$ a
2 - Testemunha DO**	$15,10 \pm 1,94$ c	$66,10 \pm 7,11$ a
3 - CG18 – suspensão aquosa de conídios (SA)	$51,19 \pm 2,95$ b	$69,15 \pm 6,05$ a
4 - CG18 – dispersão oleosa de conídios (DO)	$79,59 \pm 5,66$ a	$63,40 \pm 4,41$ a

¹Médias ($\pm$ EP) seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Dados transformados em $\log(x+1)$ para as análises estatísticas.

* Somente adjuvante da suspensão aquosa - SA (Tween 80 a 0,05% v/v).

** Somente adjuvantes da dispersão oleosa - DO (óleo de soja, Tween 80 a 0,05% e estabilizador de suspensão).

Telado

Este experimento coincidiu com o ápice do período seco no Palnalto Central. As médias de temperatura e umidade relativa do ar registradas durante o experimento foram de $26,4 \pm 1,3^{\circ}\text{C}$ (mínima de $22,5^{\circ}\text{C}$ e máxima de $29,3^{\circ}\text{C}$) e de $36,3 \pm 1,9\%$ (mínima de $18,4\%$ e máxima de $47,3\%$), respectivamente. Níveis médios de umidade relativa do ar abaixo de 50% foram registrados por cerca de 19,0 horas/dia ao longo de todo o experimento.

A infestação de *T. urticae* um dia antes do uso dos agentes de controle biológico (avaliação prévia) foi similar entre os tratamentos (Anova, adultos: $F_{7,35} = 0,16$; $P = 0,9920$; ovos: $F_{7,35} = 0,13$; $P = 0,9955$; imaturos: $F_{7,35} = 0,54$; $P = 0,7972$) e variou de 5,9 a 6,9 de adultos folha⁻¹ (Tabela 5), de 7,7 a 8,6 ovos folha⁻¹ (Tabela 6) e de 2 a 3 imaturos (larvas e ninfas) folha⁻¹ (Tabela 7). Em ambas testemunhas (SA e DO) houve aumento rápido da infestação de *T. urticae* até 14 dias após o início experimento, porém as densidades populacionais de todas as fases de desenvolvimento desse ácaro declinaram drasticamente na semana seguinte, não permitindo a comparação entre os tratamentos. De forma similar ao experimento anterior, o surto populacional do ácaro-rajado observado nas primeiras semanas do experimento em decorrência de condições ambientais altamente favoráveis, juntamente com o clima quente e seco, foram determinantes para a senescência acelerada das plantas e, por consequência, a queda da infestação.

Após o emprego dos agentes de controle biológico constatou-se que a infestação do ácaro-rajado diferiu entre tratamentos (adultos: $F_{7,35} = 9,34$, $P < 0,0001$; ovos: $F_{7,35} = 14,20$, $P < 0,0001$; imaturos: $F_{7,35} = 3,41$, $P = 0,007$) e ao longo do tempo (adultos: $F_{1,35} = 82,95$, $P < 0,0001$; ovos: $F_{1,35} = 94,90$, $P < 0,0001$; imaturos: $F_{1,35} = 74,07$, $P < 0,0001$). Entretanto, sem interação tratamento x época de avaliação significativa (adultos: $F_{7,35} = 0,28$, $P = 0,9799$; ovos: $F_{7,35} = 1,19$, $P = 0,3357$; imaturos: $F_{7,35} = 0,22$, $P = 0,99790$) (Tabelas 5-7).

A infestação do ácaro-rajado em plantas que receberam apenas os adjuvantes da dispersão oleosa (T2 - testemunha DO) não diferiu das plantas pulverizadas com Tween 80 (T1 - testemunha SA) em nenhuma das avaliações (Tabelas 6-7), indicando que no estudo em casa de vegetação, o óleo de soja na concentração de $0,5\%$ e os demais adjuvantes da preparação DO não ocasionaram efeito deletério sobre nenhuma fase de desenvolvimento de *T. urticae*. A ausência de ação do óleo de soja sobre os adultos do ácaro-rajado diverge dos resultados do experimento em laboratório e de outros estudos

(Moustafa et al., 2002; Saraiva et al., 2020; Takeda et al. 2020; Teodoro et al., 2020; Bashiri et al., 2021; Qayyoun et al., 2025a). As diferenças nas condições experimentais, como composição do óleo e nível de processamento (refino), concentração de óleo na calda aplicada, forma de aplicação, planta hospedeira/substrato e condições climáticas podem explicar esta divergência.

O ácaro predador não foi efetivo contra adultos do ácaro-rajado nos dos tratamentos com a sua liberação (T5 e T6) (Tabela 5). Por outro lado, nas plantas tratadas exclusivamente com adjuvante da suspensão aquosa seguido pela liberação do predador *N. californicus* (T7) houve redução significativa na densidade de ovos e imaturos do ácaro-rajado em relação à testemunha dessa preparação (T1), nas duas épocas de avaliação (Tabelas 6 e 7). Estes resultados foram decorrência da maior preferência de *N. californicus* por estágios imaturos e ovos de tetraniquídeos (Blackwood et al. 2001; Canlas et al., 2006; Akyazi et al., 2019) e da sua menor capacidade de captura de adultos de *T. urticae* (Rahmani et al., 2016). Neste estudo, o predador apresentou melhor desempenho sobre ovos do ácaro-rajado aos 7 dias da sua liberação nas plantas, com eficiência de controle superior a 65% (Tabela 6). Este rápido declínio da infestação de ovos do ácaro-rajado na primeira semana após a liberação de *N. californicus* foi um reflexo da liberação inundativa na proporção predador-presa próxima de 1:4 (1 predador: 4 presas), a qual encontra-se dentro da faixa mais apropriada para o controle biológico de ácaros tetraniquídeos (Greco et al. 2005; Fraulo; Liburd 2007; Akyazi; Liburd, 2019; Aid et al., 2020; Meskov, 2024; Hernández-Valencia et al., 2024; Yamada et al., 2025).

Entretanto, aos 14 dias do experimento ocorreu redução acentuada na atividade de *N. californicus* sobre todas as fases de desenvolvimento de *T. urticae*, resultando em baixa eficiência de controle (29% a 55%) (Tabelas 5-7). Como observado no primeiro estudo em casa de vegetação (concentrações de *B. bassiana*), o efeito de curto prazo no controle do ácaro-rajado pelo uso exclusivo do predador pode estar associado ao rápido declínio da população e à baixa persistência desse inimigo natural no cultivo protegido. Isto provavelmente ocorreu em razão de condições adversas ocasionadas pelo avanço da estação seca, com temperaturas e níveis de umidade relativa do ar muito desfavoráveis (Barber et al., 2003; Malais; Ravensberg, 2003; Gotoh et al., 2004; Weintraub et al., 2008) e pela baixa proteção conferida pelo dossel reduzido de plantas jovens (Buitenhuis et al., 2010; Weintraub et al., 2007) de pimentão.

Diversos estudos têm demonstrado que óleo de soja, nas diferentes fases de processamento ou destinação (degomado, refinado para cozinha ou óleo de cozinha residual), pode ser utilizado no controle de ácaros pragas e mostra-se seletivo em favor de ácaros fitoseídeos, principalmente devido à sua baixa letalidade aguda e à manutenção da taxa de crescimento populacional positiva desses predadores (Saraiva et al., 2020; Teodoro et al, 2020; Vieira et al., 2021; Qayyoun et al., 2025a; Qayyoun et al., 2025b). Contudo, em nenhuma das avaliações pós-aplicação deste estudo realizado em casa de vegetação, a pulverização prévia dos adjuvantes da dispersão oleosa seguida pela liberação do predador *N. californicus* (T6) causou redução significativa na infestação de adultos, ovos e imaturos do ácaro-rajado em relação à testemunha, com água e Tween (T1) (Tabelas 5-7), indicando que esse predador na presença de resíduos de óleo vegetal nas folhas de pimentão não reduziu a infestação de *T. urticae*. Dependendo da concentração aplicada ou do resíduo presente na superfície tratada, da espécie de predador e das condições ambientais, o óleo de soja pode ocasionar efeitos subletais em fitoseídeos como, redução na oviposição, repelência e alterações nos padrões comportamentais que podem alterar, a busca de presas, o tempo de manipulação, a taxa de predação e a resposta funcional do inimigo natural (Teodoro et al, 2020; Vieira et al., 2021; Qayyoun et al., 2025a; Qayyoun et al., 2025b). Aliado a isso, o estresse ocasionado no predador (comportamental e/ou fisiológico) pelo óleo pode interagir com o estresse ambiental (calor e seca) e impactar negativamente a dinâmica da interação predador-presa e, consequentemente, a eficiência do controle biológico (Qayyoun et al., 2025a).

O uso exclusivo de *B. bassiana*, tanto em suspensão aquosa (T3) como em dispersão oleosa de conídios (T4), causou redução significativa na densidade de adultos, ovos e imaturos de *T. urticae* em relação às testemunhas dessas preparações (T1 e T2), respectivamente, aos 7 e 14 dias após a sua aplicação nas plantas (Tabelas 5-7). Estes resultados confirmaram o alto potencial do isolado CG 18 como agente de controle do ácaro-rajado, conforme evidenciado nos experimentos realizados previamente em condições de laboratório e casa de vegetação. Houve diferença significativa na infestação de adultos do ácaro-rajado entre os dois tipos de preparações do fungo (T3 vs. T4), em ambas avaliações pós-aplicação, bem como o desempenho dessas preparações também diferiu. A menor densidade de adultos do ácaro-rajado com a aplicação exclusiva de *B. bassiana* foi constatada aos 7 dias da aplicação da dispersão oleosa de conídios (T4) (Tabela 5), a qual diferiu significativamente das plantas tratadas com suspensão aquosa

(T3) e correspondeu a mais de 80% de eficiência de controle. Mesmo com o aumento da infestação do ácaro-rajado em todos os tratamentos aos 14 dias do experimento, o fungo em dispersão oleosa (DO) conferiu controle de adultos em torno de 69%. Na comparação da eficiência de controle das duas preparações do fungo aos 14 dias da aplicação, constatou-se que a adição de óleo de soja na formulação de conídios (T4) propiciou um incremento em torno de 30% e maior efeito residual do biopesticida em relação à suspensão aquosa do fungo (T3). Estes resultados indicaram que a emulsão dos conídios em óleo (óleo de soja+adjuvantes) potencializou a ação do fungo, principalmente contra os adultos do ácaro-rajado, confirmando os resultados do experimento em laboratório. Também vale salientar que, comparativamente ao primeiro experimento realizado em casa de vegetação, no qual testou-se diferentes concentrações do isolado CG18 em suspensão aquosa, também constatou-se que no presente estudo, a aplicação da formulação em dispersão oleosa, mesmo com um terço da concentração de conídios ($6,3 \times 10^7$ conídios/mL) propiciou níveis de eficiência de controle contra adultos e ovos de *T. urticae* semelhantes ao conferido pela aplicação da suspensão aquosa na concentração de 2×10^8 conídios/mL, em todas as épocas de avaliação. O aumento na eficácia de fungos entomopatogênicos pelo uso de formulações a base de óleo em condições de campo tem sido relatado para uma ampla gama de tetraniquídeos, incluindo *T. urticae* em feijoeiro comum (Bugeme et al., 2005), berinjela (Gatarayiha et al., 2011) e tomateiro (Chandler et al., 2003), *T. evansi* em tomateiro (Wekesa et al., 2005), *Tetranychus* spp. em algodão (Shi et al., 2008a), *Panonychus citri* em citros (Shi et al., 2006), além de *T. urticae* e *P. ulmi* em macieira (Marčić et al., 2012). Segundo Marčić et al (2012), a aplicação de uma formulação oleosa de *B. bassiana* (Naturalis-L R) garantiu o controle eficaz de *P. ulmi* em pomar de macieira até 30 dias da aplicação. Como o fungo *B. bassiana* atua por contato, a persistência de inóculo viável depositado nas superfícies das folhas é crucial para que adultos do ácaro-rajado que emergirem depois da pulverização possam se contaminar com uma dose letal de conídios (Jaronski, 2010; Gatarayiha et al., 2011). Contudo, fungos entomopatogênicos são altamente suscetíveis a fatores ambientais adversos (alta temperatura, baixa umidade e alta incidência de UV) que podem ocorrer após aplicações no campo, comprometendo sua sobrevivência, o progresso da doença na população do hospedeiro e a eficiência de controle (Wraight et al. 2001; Jaronski, 2010; Faria; Wraight, 2007). Acredita-se que conídios formulados em óleo sejam menos suscetíveis aos efeitos da luz solar (radiação UV), de altas temperaturas e de baixa

umidade, além de apresentarem maior adesão e deposição na cutícula hidrofóbica dos artrópodes e maior persistência na superfície das plantas após a sua aplicação, garantindo alta eficiência de controle mesmo em condições ambientais desfavoráveis (Jones; Burges 1998; Batta, 2003; Faria; Wraight, 2007; Oliveira et al., 2018). Portanto, atributos positivos da dispersão oleosa de conídios de *B. bassiana* poderiam explicar o seu melhor desempenho contra adultos de *T. urticae* em casa de vegetação, durante a estação seca do bioma Cerrado.

Embora o isolado CG18 tenha reduzido significativamente as densidades populacionais de ovos e imaturos de *T. urticae* comparado à testemunha (T1 e T2), não houve diferença significativa entre as duas preparações de *B. bassiana* quando aplicadas de forma exclusiva (Tabelas 6 e 7). Apesar disso, considerando a infestação de ovos e imaturos antes da aplicação do fungo, a dispersão oleosa de conídios (T4) garantiu altos níveis de eficiência de controle aos 7 dias (ovos - 74%, imaturos - 68%, respectivamente) após a pulverização nas plantas. A razão para esta falta de distinção entre preparações não está clara, mas poderia estar relacionada à, pelo menos, um dos seguintes motivos: 1) fêmeas de tetraniquídeos infectadas por *B. bassiana* podem continuar ovipositando até a sua morte, garantindo a manutenção de uma nova geração de ácaros (Gatarayih et al., 2010; Wekesa et al., 2006); 2) menor suscetibilidade de ovos e imaturos (larvas e ninfas) do ácaro-rajado à *B. bassiana* (Gatarayih et al., 2010b; Bugeme et al., 2014; Khoury et al., 2020; Michereff-Filho et al., 2022), devido à falta de nutrientes essenciais na superfície da casca do ovo, ao processo de muda dos estágios imaturos (ecdises frequentes em pequeno intervalo de tempo) e subsequente descarte dos conídios com a velha cutícula antes da colonização do fungo na hemocele dos insetos, bem como ao menor tamanho do corpo (menor área de exposição) e à baixa taxa de mobilidade deles em relação aos adultos, que reduzem o contato com o óleo e conídios depositados na superfície da planta e 3) baixa concentração de conídios ($6,3 \times 10^7$ conídios/mL) na dispersão oleosa aplicada. Em razão da menor suscetibilidade aos fungos entomopatogênicos, a infecção desses agentes microbianos em ovos e estágios imaturos de ácaros exige uma concentração de inóculo maior do que em adultos. Segundo Irigaray et al. (2003), para matar 50% das larvas de *T. urticae* foi necessária a concentração de 3.184,4 conídios viáveis/ml de *B. bassiana*, enquanto a concentração de 1.949,4 conídios/ml desse fungo foi suficiente para matar 50% dos adultos do ácaro.

As preparações de conídios do isolado CG18 em combinação com o predador *N. californicus* (T7 e T8) também reduziram significativamente as densidades de adultos, ovos e imaturos do ácaro-rajado em relação às respectivas testemunhas (T1 e T2) nas duas avaliações pós-aplicação (Tabelas 5-7). No entanto, o uso combinado dos dois agentes de controle (T7 e T8) não diferiu dos tratamentos com suas respectivas preparações de conídios aplicadas isoladamente (T3 e T4). Na comparação entre as preparações+predador, verificou-se o mesmo padrão de resposta que nas preparações de conídios aplicadas isoladamente (T3 e T4). Para adultos de *T. urticae*, ocorreu significativamente maior redução da infestação nas plantas tratadas com a dispersão oleosa de conídios em combinação com *N. californicus* (T8) (Tabela 5), enquanto para ovos e imaturos do ácaro-rajado não houve diferença entre as duas preparações de *B. bassiana* seguidas pela liberação do predador (T7) (Tabelas 6 e 7). Desta forma, constatou-se que não houve incremento evidente no controle da infestação do ácaro-rajado pela combinação do fungo e do predador e, que a eficácia de controle desses tratamentos ocorreu principalmente em razão da ação do fungo, provavelmente decorrente de uma interação negativa entre esses inimigos naturais. Entretanto, a aplicação de suspensão aquosa de conídios seguida pela liberação de *N. californicus* resultou em mais de 75% de eficiência de controle aos 7 dias da aplicação do fungo. Com esta estratégia de controle biológico, constatou-se incremento superior a 16% na eficiência de controle em comparação à pulverização exclusiva da mesma preparação do fungo. (Tabela 6). Isto indica que é possível incrementar a eficiência de controle do ácaro-rajado pelo uso combinado do fungo *B. bassiana* e do ácaro *N. californicus*, principalmente quando o alvo são os ovos. Para tanto, a definição da melhor estratégia de associação do fungo e do ácaro-predador pode ser estabelecida em termos de intervalo de emprego entre ambos agentes de controle biológico.

Tabela 5. Número médio ($\pm$ EP) de adultos de *Tetranychus urticae* por folha em plantas de pimentão cv. Dahara RX, aos 7 e 14 dias da aplicação das preparações do fungo *Beauveria bassiana*, em casa de vegetação.

Tratamento	Dias antes e após a aplicação do fungo ¹			Eficiência (%) ²	
	Prévia	7	14	7	14
1-Testemunha SA*	6,43 $\pm$ 0,80 a	16,69 $\pm$ 3,33 aB	43,35 $\pm$ 24,07 aA	-	-
2-Testemunha DO**	5,99 $\pm$ 0,30 a	12,52 $\pm$ 2,50 aB	38,93 $\pm$ 21,62 aA	19,47	3,60
3- <i>B. bassiana</i> - SA	5,93 $\pm$ 0,57 a	6,70 $\pm$ 0,75 bB	24,18 $\pm$ 6,03 bA	56,47	39,52
4- <i>B. bassiana</i> - DO	6,13 $\pm$ 1,54 a	3,13 $\pm$ 0,33 cB	12,53 $\pm$ 2,23 cA	80,33	69,68
5-SA* + <i>N. californicus</i>	6,80 $\pm$ 1,35 a	10,05 $\pm$ 2,01 aB	32,51 $\pm$ 18,06 aA	43,06	29,09
6-DO** + <i>N. californicus</i>	6,06 $\pm$ 1,71 a	10,69 $\pm$ 2,01 aB	35,80 $\pm$ 17,49 aA	32,04	12,37
7- <i>B. bassiana</i> - SA + <i>N. californicus</i>	6,01 $\pm$ 0,93 a	6,49 $\pm$ 0,33 bB	23,04 $\pm$ 8,07 bA	58,40	43,14
8- <i>B. bassiana</i> - DO + <i>N. californicus</i>	6,85 $\pm$ 1,45 a	3,56 $\pm$ 0,16 cB	14,22 $\pm$ 3,84 cA	79,95	69,21

¹Médias ($\pm$ EP), dentro de cada época de avaliação, seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). Dados transformados em $\log(x+1)$ para as análises estatísticas.

²Eficiência de controle calculada pela fórmula de Henderson e Tilton (1955).

* Somente adjuvante da suspensão aquosa - SA (Tween 80 a 0,05% v/v).

** Somente adjuvantes da dispersão oleosa - DO (óleo de soja, Tween 80 a 0,05% e estabilizador de suspensão).

Tabela 6. Número médio ($\pm$ EP) de ovos de *Tetranychus urticae* por folha em plantas de pimentão cv. Dahara RX, aos 7 e 14 dias da aplicação das preparações do fungo *Beauveria bassiana*, em casa de vegetação.

Tratamento	Dias antes e após a aplicação do fungo ¹			Eficiência (%) ²	
	Prévia	7	14	7	14
1-Testemunha SA*	8,20 $\pm$ 1,39 a	20,32 $\pm$ 3,21 aB	43,84 $\pm$ 5,39 aA	-	-
2-Testemunha DO**	8,14 $\pm$ 1,39 a	15,24 $\pm$ 2,40 aB	39,37 $\pm$ 3,54 aA	24,45	9,53
3- <i>B. bassiana</i> -SA	7,70 $\pm$ 0,41 a	7,8 $\pm$ 1,21 bB	21,56 $\pm$ 1,42 bA	59,12	47,63
4- <i>B. bassiana</i> - DO	7,90 $\pm$ 0,57 a	5,18 $\pm$ 0,93 bB	17,81 $\pm$ 1,31 bA	73,54	57,83
5-SA* + <i>N. californicus</i>	8,57 $\pm$ 1,61 a	7,32 $\pm$ 0,82 bB	20,74 $\pm$ 1,48 bA	65,53	54,73
6-DO** + <i>N. californicus</i>	7,83 $\pm$ 0,93 a	15,04 $\pm$ 1,67 aB	36,39 $\pm$ 2,93 aA	22,49	13,07
7- <i>B. bassiana</i> - SA + <i>N. californicus</i>	7,78 $\pm$ 0,84 a	4,68 $\pm$ 0,61 bB	16,34 $\pm$ 1,21 bA	75,73	60,72
8- <i>B. bassiana</i> - DO + <i>N. californicus</i>	8,62 $\pm$ 1,47 a	6,01 $\pm$ 0,67 bB	16,80 $\pm$ 1,32 bA	71,86	63,55

¹Médias ($\pm$ EP), dentro de cada época de avaliação, seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). Dados transformados em $\log(x+1)$ para as análises estatísticas.

²Eficiência de controle calculada pela fórmula de Henderson e Tilton (1955).

* Somente adjuvante da suspensão aquosa - SA (Tween 80 a 0,05% v/v).

** Somente adjuvantes da dispersão oleosa - DO (óleo de soja, Tween 80 a 0,05% e estabilizador de suspensão).

Tabela 7. Número médio ($\pm$ EP) de imaturos (larvas e ninfas) de *Tetranychus urticae* por folha em plantas de pimentão cv. Dahara RX, aos 7 e 14 dias da aplicação das preparações do fungo *Beauveria bassiana*, em casa de vegetação.

Tratamento	Dias antes e após a aplicação do fungo ¹			Eficiência (%) ²	
	Prévia	7	14	7	14
1-Testemunha SA*	2,68 $\pm$ 0,46 a	7,26 $\pm$ 1,33 aB	32,01 $\pm$ 2,7 aA	-	-
2-Testemunha DO**	2,43 $\pm$ 0,75 a	5,44 $\pm$ 1,00 aB	28,75 $\pm$ 1,04 aA	17,36	0,94
3- <i>B. bassiana</i> -SA	2,18 $\pm$ 0,82 a	2,90 $\pm$ 0,15 bB	19,08 $\pm$ 1,13 bA	50,89	26,72
4- <i>B. bassiana</i> - DO	2,38 $\pm$ 0,57 a	2,06 $\pm$ 0,43 bB	16,65 $\pm$ 0,76 bA	68,05	41,43
5-SA* + <i>N. californicus</i>	3,05 $\pm$ 1,38 a	3,51 $\pm$ 0,10 bB	19,68 $\pm$ 1,37 bA	57,52	45,98
6-DO** + <i>N. californicus</i>	2,31 $\pm$ 0,74 a	5,06 $\pm$ 0,67 aB	27,03 $\pm$ 2,61 aA	19,14	2,03
7- <i>B. bassiana</i> - SA + <i>N. californicus</i>	2,26 $\pm$ 0,83 a	2,10 $\pm$ 0,44 bB	15,58 $\pm$ 1,38 bA	65,70	42,28
8- <i>B. bassiana</i> - DO + <i>N. californicus</i>	3,10 $\pm$ 1,51 a	2,27 $\pm$ 0,27 bB	17,44 $\pm$ 1,06 bA	72,97	52,90

¹Médias ($\pm$ EP), dentro de cada época de avaliação, seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). Dados transformados em $\log(x+1)$ para as análises estatísticas.

²Eficiência de controle calculada pela fórmula de Henderson e Tilton (1955).

* Somente adjuvante da suspensão aquosa - SA (Tween 80 a 0,05% v/v).

** Somente adjuvantes da dispersão oleosa - DO (óleo de soja, Tween 80 a 0,05% e estabilizador de suspensão).

A densidade populacional de todas as fases de desenvolvimento de *N. californicus* diferiu em razão dos tratamentos (adultos: $F_{3,14} = 4,34$; $P = 0,0217$; ovos: $F_{3,14} = 20,78$; $P < 0,0001$; imaturos: $F_{3,14} = 6,94$; $P = 0,0038$) nas duas épocas de avaliação pós-aplicação), contudo, não houve efeito significativo da interação tratamento x tempo (adultos: $F_{3,14} = 2,03$; $P = 0,1560$; ovos: $F_{3,14} = 0,97$; $P = 0,4461$; imaturos: $F_{3,14} = 2,38$; $P = 0,1139$).

Nas plantas que previamente receberam o adjuvante da suspensão aquosa (água+Tween 80), a população de *N. californicus* aos sete dias do experimento foi de $2,00 \pm 0,21$ adultos folha⁻¹, $5,67 \pm 2,59$ ovos folha⁻¹ e de $0,83 \pm 0,40$ imaturos (larvas e

ninfas) folha⁻¹ (Tabelas 8-10). Por outro lado, aos 14 dias a população do predador foi mais baixa em todos os tratamentos. Em plantas tratadas apenas com adjuvante da suspensão aquosa constatou-se $0,50 \pm 0,12$ adultos folha⁻¹, $3,50 \pm 1,04$ ovos folha⁻¹ e de $0,40 \pm 0,13$ imaturos folha⁻¹. Independente da época de avaliação, houve impacto negativo dos componentes da dispersão oleosa (sem fungo) e de ambas preparações de *B. bassiana* sobre adultos, ovos e imaturos do predador, com diferenças significativas em relação ao tratamento que apenas recebeu o adjuvante da suspensão aquosa. A densidade populacional de adultos do predador também diferiu entre as preparações do fungo, sendo significativamente menor nas plantas tratadas com dispersão oleosa de conídios em ambas avaliações pós-aplicação (Tabela 8). Ovos de *N. californicus* somente ocorreram em plantas previamente tratadas com adjuvante da suspensão aquosa; nenhum ovo foi encontrado nos tratamentos com as preparações de *B. bassiana* (Tabela 9). Também houve baixa densidade de imaturos do predador em todos os tratamentos, porém, foi nula em plantas tratadas com dispersão oleosa de conídios. Os resultados deste experimento demonstraram que, ambas preparações de *B. bassiana* e os componentes da formulação dispersão oleosa foram incompatíveis com o ácaro predador, quando a liberação deste inimigo natural ocorreu no mesmo dia da pulverização. Mesmo utilizando-se uma concentração de conídios menor ($6,3 \times 10^7$ conídios/mL) em relação ao primeiro experimento em casa de vegetação ($1,0$ e $2,0 \times 10^8$ conídios/mL), neste estudo constatou-se que *B. bassiana* em dispersão oleosa foi muito nocivo aos adultos de *N. californicus*.

Além do óleo ter apresentado efeito deletério sobre os diferentes estágios de desenvolvimento do predador quando aplicado de forma exclusiva (emulsão em água) nas plantas, os resultados sugerem que a adição de óleo na preparação de conídios potencializou o efeito negativo do fungo. Além de uma ação direta, através da infecção e da morte de *N. californicus*, indiretamente a dispersão oleosa de conídios de *B. bassiana* poderia ter impactado a população desse predador por reduzir drasticamente a infestação do ácaro-rajado (redução de presas) e causar efeitos subletais, como repelência e/ou deterência pelo contato dos indivíduos com resíduos de óleo+fungo na superfície da folha ou com presas doentes, além de redução na fecundidade das fêmeas em decorrência tanto da redução no consumo e na qualidade nutricional das presas, como pelas alterações fisiológicas causadas pela própria infecção do fungo (Duso et al., 2008; Wekesa et al., 2007; Numa Vergel et al., 2011; Seiedy et al., 2012a; Wu et al., 2015a; Wu et al., 2016a; Ullah; Lim, 2017b). Estes efeitos, juntamente com o estresse ocasionado pelas condições

ambientais adversas, podem ter contribuído para a baixa persistência de *N. californicus* em plantas jovens de pimentão sob cultivo protegido.

Em termos de manejo, o fungo *B. bassiana* na formulação dispersão oleosa de conídios poderia ser adotado exclusivamente para reduzir altas infestações de *T. urticae* em períodos críticos da estação seca, servindo como substituto aos acaricidas químicos ou como parte de um plano de rodízio de modos de ação para mitigar a resistência do ácaro-rajado aos acaricidas.

Apesar das restrições para o controle biológico de *T. urticae* em cultivo protegido no bioma Cerrado, os resultados dos experimentos também indicaram, que dependendo da estratégia de liberação dos inimigos naturais, ainda seria possível explorar o uso combinado de *B. bassiana* e o predador *N. californicus*. Por exemplo, para contornar a falta de compatibilidade direta entre *B. bassiana* e o predador *N. barkeri* e otimizar o controle do tripses *F. occidentalis* em pepino em casa de vegetação, Wu et al. (2017) adotaram com sucesso uma estratégia que consistiu na liberação de *N. barkeri* somente após duas semanas da pulverização de *B. bassiana* no cultivo. Ao reduzir temporalmente o contato entre os dois inimigos naturais, essa abordagem minimizou os efeitos deletérios do fungo sobre o predador e viabilizou o seu uso conjunto, garantindo os benefícios esperados com a adoção do controle biológico no cultivo protegido. Neste contexto, o uso de um sistema de arrefecimento para aumentar a umidade relativa do ar dentro da casa de vegetação durante a estação seca no Cerrado, a aplicação do isolado CG18 em suspensão aquosa de conídios, na concentração de até 1×10^8 conídios/mL e a adoção de um intervalo de tempo (1 a 7 dias) apropriado para a liberação do predador *N. californicus* após o uso de *B. bassiana*, poderiam fazer parte de uma estratégia de uso combinado desses dois inimigos naturais, com o mínimo de interferência possível, para garantir efeitos complementares positivos no manejo do ácaro-rajado. Assim, novos estudos serão necessários para o desenvolvimento dessa estratégia de uso associado dos agentes de controle biológico do ácaro-rajado na cultura do pimentão.

Tabela 8. Número médio ($\pm$ EP) de adultos de *Neoseiulus californicus* por folha em plantas de pimentão cv. Dahara RX, aos 7 e 14 dias da aplicação das preparações do fungo *Beauveria bassiana*, em casa de vegetação.

Tratamento	Dias após a aplicação do fungo ¹	
	7	14
5- SA* + <i>N. californicus</i>	2,00 $\pm$ 0,21 aA	0,50 $\pm$ 0,12 aB
6-DO** + <i>N. californicus</i>	0,17 $\pm$ 0,10 cA	0,05 $\pm$ 0,03 cB
7- <i>B. bassiana</i> - SA + <i>N. californicus</i>	0,40 $\pm$ 0,13 bA	0,29 $\pm$ 0,06 bB
8- <i>B. bassiana</i> - DO + <i>N. californicus</i>	0,10 $\pm$ 0,03 cA	0,02 $\pm$ 0,02 cB

¹Médias ($\pm$ EP), dentro de cada época de avaliação, seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). Dados transformados em $\log(x+1)$ para as análises estatísticas.

* Somente adjuvante da suspensão aquosa - SA (Tween 80 a 0,05% v/v).

** Somente adjuvantes da dispersão oleosa - DO (óleo de soja, Tween 80 a 0,05% e estabilizador de suspensão).

Tabela 9. Número médio ($\pm$ EP) de ovos de *Neoseiulus californicus* por folha em plantas de pimentão cv. Dahara RX, aos 7 e 14 dias da aplicação das preparações do fungo *Beauveria bassiana*, em casa de vegetação.

Tratamento	Dias após a aplicação do fungo ¹	
	7	14
5-SA* + <i>N. californicus</i>	5,67 $\pm$ 2,59 aA	3,50 $\pm$ 2,00 aA
6-DO** + <i>N. californicus</i>	0,00 $\pm$ 0,00 bA	0,00 $\pm$ 0,00 bA
7- <i>B. bassiana</i> - SA + <i>N. californicus</i>	0,00 $\pm$ 0,00 bA	0,00 $\pm$ 0,00 bA
8- <i>B. bassiana</i> - DO + <i>N. californicus</i>	0,00 $\pm$ 0,00 bA	0,00 $\pm$ 0,00 bA

¹Médias ($\pm$ EP), dentro de cada época de avaliação, seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$). Dados transformados em $\log(x+1)$ para as análises estatísticas.

* Somente adjuvante da suspensão aquosa - SA (Tween 80 a 0,05% v/v).

** Somente adjuvantes da dispersão oleosa - DO (óleo de soja, Tween 80 a 0,05% e estabilizador de suspensão).

Tabela 10. Número médio ($\pm$ EP) de imaturos (larvas e ninfas) de *Neoseiulus californicus* por folha em plantas de pimentão cv. Dahara RX, aos 7 e 14 dias da aplicação das preparações do fungo *Beauveria bassiana*, em casa de vegetação.

Tratamento	Dias após a aplicação do fungo ¹	
	7	14
5- SA* + <i>N. californicus</i>	0,83 $\pm$ 0,25 aA	0,40 $\pm$ 0,13 aB
6-DO** + <i>N. californicus</i>	0,13 $\pm$ 0,02 bA	0,04 $\pm$ 0,01 bB
7- <i>B. bassiana</i> - SA + <i>N. californicus</i>	0,17 $\pm$ 0,05 bA	0,08 $\pm$ 0,03 bB
8- <i>B. bassiana</i> - DO + <i>N. californicus</i>	0,00 $\pm$ 0,00 cA	0,00 $\pm$ 0,00 bA

¹Médias ($\pm$ EP), dentro de cada época de avaliação, seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$). Dados transformados em $\log(x+1)$ para as análises estatísticas.

* Somente adjuvante da suspensão aquosa - SA (Tween 80 a 0,05% v/v).

** Somente adjuvantes da dispersão oleosa - DO (óleo de soja, Tween 80 a 0,05% e estabilizador de suspensão).

6. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, conclui-se:

- O predador *N. californicus* tem maior impacto sobre imaturos e ovos de *T. urticae*, embora limitada quando utilizado de forma exclusiva;
- O fungo tem efeito sobre os diferentes estágios de desenvolvimento de *T. urticae*, sendo menor sobre adultos;
- Há um aumento na mortalidade do ácaro-rajado e do predador com o incremento na concentração de conídios de *B. bassiana*;
- Os adjuvantes utilizados na formulação oleosa (DO) causam impacto negativo sobre o predador *N. californicus*;
- *B. bassiana* afeta negativamente a população de adultos e imaturos de *N. californicus*, sendo mais impactante quando utilizado na formulação em óleo e quando ambos inimigos naturais são utilizados no mesmo dia;
- A formulação de conídios em dispersão oleosa (DO), em uso exclusivo, confere maior eficácia sobre *T. urticae* do que a suspensão aquosa (SA);
- A associação de *B. bassiana* e *N. californicus* pode aumentar a eficácia no controle de *T. urticae* em pimentão, quando comparada ao uso isolado de cada inimigo natural, porém depende da concentração de conídios e do tipo de preparação do fungo;
- A associação de *B. bassiana* (1×10^8 conídios/L, em suspensão aquosa) e de *N. californicus* propicia maior incremento na eficiência de controle de ovos e imaturos de *T. urticae*, indicando um efeito aditivo entre os dois inimigos naturais;
- Estudos futuros são necessários para determinar a melhor estratégia de uso associado dos agentes de controle biológico de *T. urticae*, envolvendo principalmente diferentes intervalos de tempo entre a aplicação do fungo *B. bassiana* e a liberação do predador *N. californicus*.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAS, M. S. T. Interactions of entomopathogenic fungi with insect hosts: A review. *International Journal of Entomology Research*, v. 5, n. 6, p. 1-6, 2020.

ADESANYA, A. W.; LAVINE, M. D.; MOURAL, T. W.; LAVINE, L. C.; ZHU, F.; WALSH, D. B. Mechanisms and management of acaricide resistance for *Tetranychus urticae* in agroecosystems. **Journal of Pest Science**, v. 94, n. 3, p. 639-663, February 2021. <https://doi.org/10.1007/s10340-021-01342-x>.

AGROFIT. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agrofit, Consulta aberta. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso: 28 set. 2025.

AGUSTINI, JOSÉ ANTONIO. Atividade acaricida de extratos vegetais de espécies nativas do cerrado brasileiro sobre o ácaro-rajado (*Tetranychus urticae* Koch). 2023. 144 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista - Unesp, Ilha Solteira, 2023.

AKYAZI, R.; LIBURD, O. E. Biological control of the twospotted spider mite (Trombidiformes: Tetranychidae) with the predatory mite *Neoseiulus californicus* (Mesostigmata: Phytoseiidae) in blackberries. **Florida Entomologist**, v. 102, n. 2, p. 373-381, 2019. <https://doi.org/10.1653/024.102.0217>.

AL-AZZAZY, M. M.; ALHEWAIRINI, S. S. Life history of the two predacious mites species, *Amblyseius swirskii*, and *Neoseiulus cucumeris* (Acari: phytoseiidae), as biological control agents of the date palm mite, *Oligonychus afrasiaticus* (Acari). **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, n. 3, p. 1-1, 2024.

ALMEIDA, R. A.; SILVA, L. D. B.; MENEZES, M. L. de; VENDRAMIM, J. D. **Controle biológico de pragas: agentes e estratégias para a agricultura brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1127065/control-biologico-de-pragas>.

ALVES, S. B.; MORAES, S. A. Quantificação de inóculo de patógenos de insetos, p. 765-778, cap. 23. In: ALVES, S.B. (ed.), **Controle microbiano de insetos**, 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1998.

ALVES, L. F. A.; NEVES, P. M. J. O.; FARIA, M. R. de (org.). **Recomendações para utilização de fungos entomopatogênicos no controle de pragas**. Piracicaba, SP.: CP 2: Rede Entomofungo, 2010. 52 p.

AUCEJO-ROMERO, S.; GÓMEZ-CADENAS, A.; JACAS-MIRET, J. A. Effects of NaCl-stressed citrus plants on life history parameters of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 33, p. 55-68, 2004.

AUGER, P.; MIGEON, A.; UECKERMAN, E. A.; TIEDT, L.; NAVAJAS, M. Evidence for synonymy between *Tetranychus urticae* and *Tetranychus cinnabarinus*

(Acari, Prostigmata, Tetranychidae): Review and new data. **Acarologia**, v. 53, n. 4, p. 383-415, 2013. <http://dx.doi.org/10.1051/acarologia/20132102>

BARBER, A.; CAMPBELL, C. A. M.; CRANE, H.; LILLEY, R.; TREGIDGA, E. Biocontrol of two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* on dwarf hops by the phytoseiid mites *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*. **Biocontrol Science and Technology**, v. 13, n. 3, p. 275-284, May 2003. DOI: <https://doi.org/10.1080/0958315031000110300>.

BARROS, R.; SILVA, F. R.; MORAES, G. J. de; GONDIM Jr., M. G. C. *Amblyseius largoensis* (Muma) (Acari: Phytoseiidae) predation on *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae): functional and numerical responses, and effect on the growth rate of the prey population. **Experimental and Applied Acarology**, v. 87, p. 427–445, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10493-022-00736-5>

BASHIRI, M.; MOHARRAMIPOUR, S.; NEGAHBAN, M. Developing a vegetable oil formulation as a safe acaricide against *Tetranychus urticae*. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 23, n. 6, p. 1281-1295, June 2021.

BARBOZA, GLORIA E.; CARVALHO, LUCÍA DE CÁSSIA; BERNARDI, GABRIELA DI; BIANCHI, SANDRA H.; CARRIZO GARCÍA, CARLOS; SCALDAFERRO, MIGUEL A.; GIACOMONI, FERNANDO; WILHELM, ELISA A.; HUNZIKER, ADRIANA T.; MOSCONE, ESTRELLA A. Monograph of wild and cultivated chili peppers (*Capsicum* L., Solanaceae). **PhytoKeys**, v. 179, p. 1–800, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3897/phytokeys.179.64321>

BATEMAN, R. P.; LATCHININSKY, A.; ABDEL RAHMAN, H. A. Field trials of oil formulations of *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* against locusts and grasshoppers in Africa. **Biocontrol Science and Technology**, v. 15, n. 2, p. 157–176, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1080/09583150400016840>.

BATTA, Y. A. Recent advances in formulation and application of entomopathogenic fungi for biocontrol of pests: A review. **Journal of Invertebrate Pathology**, [S. l.], v. 156, p. 18–29, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jip.2018.02.014>.

BATTA, Y. A., 2003. Production and testing of novel formulations of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* (MetschinkoV) Sorokin (Deuteromycotina: Hyphomycetes). **Crop Protection**, v. 22, n. 2, p. 415-422, March 2003. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(02\)00200-4](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(02)00200-4).

BENSOUSSAN, E.; SANTAMARIA, M. E.; ZHANG, X.; SANTOS-MARTÍNEZ, D.; GRBIĆ, M.; GRBIĆ, V. Feeding biology of the spider mite *Tetranychus urticae*: histological and molecular evidence. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 1105, 2016. doi:10.3389/fpls.2016.01105.

BERETTA, G. M.; DEERE, J. A.; MESSELINK, G. J.; MUÑOZ-CÁRDENAS, K.; JANSSEN, A. Review: predatory soil mites as biocontrol agents of above- and below-ground plant pests. **Experimental and Applied Acarology**, v. 87, p. 143–162, 8 ago. 2022. DOI: 10.1007/s10493-022-00723-w.

BIRARI, Vaishali V.; CHAUDHARY, F. K.; JADAV, G. S. Assessment of biological characteristics of red spider mite (*Tetranychus urticae*) Koch on Brinjal. **Journal of Advances in Biology & Biotechnology**, v. 27, n. 10, p. 612–623, 2024. DOI: 10.9734/jabb/2024/v27i101483.

BLACKWOOD, J. S.; SCHAUSBERGER, P.; CROFT, B. A. Prey-stage preference in generalist and specialist phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) when offered *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) eggs and larvae. **Environmental Entomology**, v. 30, n. 6, p. 1103-1111, December 2001. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-30.6.1103>.

BOUCIAS, D. G.; PENDLAND, J. C.; LATGE, J. P. Nonspecific factors involved in attachment of entomopathogenic Deuteromycetes to host insect cuticle. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 54, n. 7, p. 1795-1805, July 1988. Doi: 10.1128/aem.54.7.1795-1805.1988.

BRAGA, M. B.; MAROUELLI, W. A. **Produção integrada de pimentão – PIP: irrigação e fertirrigação na cultura do pimentão**. Brasília-DF, Embrapa Hortaliças, 33p. 2017. (Embrapa Hortaliças: Documentos, 152).

BUGEME, D. M.; KNAPP, M.; BOGA, H. I.; EKESI, S.; MANIANIA, N. K. Susceptibility of developmental stages of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) to infection by *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae). **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 34, n. 3, p. 190-196, 2014.

BUGEME, D. M.; KNAPP, M.; BOGA, H. I.; WANJOYA, A. K.; MANIANIA, N. K. Influence of temperature on virulence of fungal isolates of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* to the two spotted spider mite *Tetranychus urticae*. **Mycopathologia**, v. 167, n. 4, p. 221- 227, April 2009. doi: 10.1007/s11046-008-9164-6

BUITENHUIS, R.; SHIPP, J. L.; SCOTT-DUPREE, C. Dispersal of *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) on potted greenhouse chrysanthemum. **Biological Control**, v. 52, n. 2, p. 110-114, 2010. doi:10.1016/j.biocontrol.2009.10.007

CAMPAGNOL, RAFAEL; MENDONÇA, JOÃO LUÍS DE; URQUIAGA, SEGUNDO; SILVA, LUIZ ROBERTO DA; FONTES, PAULO CÉSAR REZENDE. Cultivo de hortaliças em ambiente protegido. Curitiba: Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – Administração Regional do Paraná (SENAR-PR), 2015. 76 p.

CANLAS, L. Z.; AMANO, H.; OCHIAI, N.; TAKEDA, M. Biology and the predation Japanese strain of *Neoseiulus californicus* McGregor (Acari: Phytoseiidae). **Systematic and Applied Acarology**, v. 11, n. 2, p.141-157, October, 2006. <https://doi.org/10.11158/saa.11.2.2>.

CASTAGNOLI, M.; LIGUORI, M.; SIMONI, S. *Tetranychus urticae* Koch and its predator *Neoseiulus californicus* (McGregor) on different Solanaceae (Acari, Tetranychidae and Phytoseiidae). **Redia** (Firenze), v. 87, p. 13-18, 2004.

CASTAGNOLI, M.; LIGUORI, M.; SIMONI, S.; DUSO, C. Toxicity of some insecticides to *Tetranychus urticae*, *Neoseiulus californicus* and *Tydeus californicus*.

Biocontrol Science and Technology, v. 50, n. 4p. 611-622, August 2005. DOI:10.1007/s10526-004-8121-7.

CASTILHO, R. C.; MORAES, G. J. de. Seleção de linhagens de *Neoseiulus californicus* resistentes a acaricidas para uso em controle biológico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 5, p. 512–518, 2011.

CASTILLO-RAMÍREZ, O.; GALLEG0, C.; CAMPO, L. C.; GONZÁLEZ, C.; RODRÍGUEZ, D. Interaction between predatory mites (Acari: Phytoseiidae) and entomopathogenic fungi in *Tetranychus urticae* populations. *BioControl*, v. 65, p. 711–726, 2020. DOI: 10.1007/s10526-020-10004-3

CASTRO, T. M. M. G. de; MORAES, G. J. de; SILVA, C. A. D. da. Interação entre fungos entomopatogênicos e ácaros predadores no controle de *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Ciência Rural**, v. 45, n. 9, p. 1623–1629, 2015.

CHANDLER, D., DAVIDSON, G.; JAKOBSON, R.J. Laboratory and glasshouse evaluation of entomopathogenic fungi against the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), on tomato, *Lycopersicon esculentum*. **Biocontrol Science and Technology**, v. 15, n. 1, p. 37-54, 2005. <https://doi.org/10.1080/09583150410001720617>

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL – CNA. Mapeamento e qualificação da cadeia produtiva das hortaliças do Brasil. Brasília, DF: CNA, 2017. 79 p.

COSTA, FERNANDA PEREIRA DA. Avaliação da patogenicidade de fungos entomopatogênicos a *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). 2019. 92p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2019.

CUTHBERTSON, A. G. S. European red spider mite – an environmental consequence of persistent chemical pesticide application. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 2, p. 287–290, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF033258880>

DOGAN, Y. O.; HAZIR, S.; YILDIZ, A.; BUTT, T.M.; ÇAKMAK I. Evaluation of entomopathogenic fungi for the control of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and the effect of *Metarhizium brunneum* on the predatory mites (Acari: Phytoseiidae). **Biological Control**, v. 111, p. 6-12, May 2017. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.05.001>.

DUARTE, MÉRCIA ELIAS; DEMITE, PETERSON RODRIGO; MENDONÇA, RENATA SANTOS DE; MICHEREFF FILHO, MIGUEL; ALVES, MARIA LUIZA SANTA CRUZ DE M.; PEIXOTO, JOSÉ RICARDO; FERREIRA, DENISE NAVIA. Phytoseiidae mites associated with native and cultivated solanaceous in Central-West Brazil. *Systematic & Applied Acarology*, v. 26, n. 12, p. 2358–2384, 2021. DOI: 10.11158/saa.26.12.13

DUARTE, MÉRCIA ELIAS; FERREIRA, DENISE NAVIA MAGALHÃES; DEMITE, PETERSON RODRIGO; MENDONÇA, RENATA SANTOS DE; MICHEREFF FILHO, MIGUEL; ALVES, MARIA LUÍZA SANTA CRUZ DE MESQUITA; PEIXOTO, JOSÉ RICARDO; FIDELIS, ELISÂNGELA GOMES. Prospecção de ácaros predadores para o controle biológico de ácaros-praga em pimenta e pimentão. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2023. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 381).

DUSO, C.; MALAGNINI, V.; POZZEBON, A.; CASTAGNOLI, M.; LIGUORI, M.; SIMONI, S. Comparative toxicity of botanical and reduced-risk insecticides to Mediterranean populations of *Tetranychus urticae* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari Tetranychidae, Phytoseiidae). **Biological Control**, v. 47, n. 1, p. 16-21, October 2008. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.06.011>.

EL-ARNAOUTY, S. A.; EL-HENEIDY, A. H.; AFIFI, A. I.; HEIKAL, I. H.; N. KORTAM, M. N. Comparative study between biological and chemical control programs of certain sweet pepper pests in greenhouses. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 30, n. 28. March 2020. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00226-z>

EL-ARNAOUTY, S. A.; KORTAM, M. N.; AFIFI, A. I.; HEIKAL, I. H. Efficiency of different biocontrol agents to control *Tetranychus urticae* Koch on pepper under greenhouse conditions. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 28, n. 44, p. 1–7, 2018.

EMAMI, F.; ALICHI, M.; MINAEI, K. Interaction between the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales) and the parasitoid wasp, *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Braconidae). **Journal of Entomological and Acarological Research**, v. 45, e4, 2013. DOI: 10.4081/jear.2013.e4.

FARIA, M. R.; S.P. WRAIGHT, S. P. Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. **Biological Control**, v. 4, n. 3, p. 237-256, December 2007. DOI:10.1016/j.biocontrol.2007.08.001.

FARIA, M.; MASCARIN, G. M.; SOUZA, D. A.; LOPES, R. B. **Controle de qualidade de produtos comerciais à base de fungos para o manejo de invertebrados (insetos, ácaros, nematoides) em sistemas agropecuários**. (Embrapa, Documentos, 377). Brasília: Embrapa, 48 p., 2022. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1139001>. Acesso: 25 Jan 2023.

FARIA, M. Desafios enfrentados para maior eficácia de bioinseticidas à base de fungos. **Visão Agrícola**, Piracicaba-SP, n. 15, p. 18-21, Julho 2025.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2008. 421 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Solanáceas: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló**. Lavras: UFLA, 2003. 304 p.

FRAULO, A. B.; LIBURD, O. E. Biological control of twospotted spider mite, *Tetranychus urticae*, with predatory mite, *Neoseiulus californicus*, in strawberries. **Experimental and Applied Acarology**, v. 43, p. 109-119, October 2007. DOI 10.1007/s10493-007-9109-7.

FREITAS, A. J. F.; VIEIRA, P. S. M.; MOREIRA, C. R.; CALIARI, F. R.; VERZIGNASSI, A.; REZENDE, M. C.; NERES, W. de S. **Pimentão (*Capsicum annuum* L.)**. In: PAULA JÚNIOR, T. J. de; VENZON, M. (Eds.). **101 culturas: manual de tecnologias agrícolas**. 2. ed. rev. e atual. Belo Horizonte: EPAMIG, 2019. p. 749–757.

FURLAN, R. A.; RIBEIRO, C. Cultivo protegido: conceitos e práticas adotadas no Brasil e no exterior. **Horticultura Brasileira**, v. 36, n. 3, p. 345-352, 2018.

GALLARDO, A.; VÁSQUEZ, C.; MORALES, J.; GALLARDO, J. Biología y enemigos naturales de *Tetranychus urticae* en pimentón. **Manejo Integrado de Plagas Y Agroecología** (Costa Rica), n.74, p. 34-40, 2005.

GARCIA, M. R.; LIMA, D. C.; SANTOS, V. F.; OLIVEIRA, J. A. Uso do controle biológico em cultivos protegidos: desafios e perspectivas. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 15, n. 3, p. 255–267, 2020.

GATARAYIHA, M. C.; LAING, M. D.; MILLER, R. M. Effects of adjuvant and conidial concentration on the efficacy of *Beauveria bassiana* for the control of the two spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. **Experimental and Applied Acarology**, v. 50, n. 3, p. 217-229, March 2010. doi: 10.1007/s10493-009-9307-6.

GATARAYIHA, M. C.; LAING, M. D.; MILLER, R. M. Field evaluation of *Beauveria bassiana* efficacy for the control of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 135, p. 582-592, 2011.

GATARAYIHA, M. C.; LAING, M. D.; MILLER, R. M. Interactions of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* with the predatory mite *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae). **Biological Control**, v. 54, n. 1, p. 16–22, 2010.

GERSON, U.; WEINTRAUB, P. G. Mites (Acari) as a factor in greenhouse management. **Annual Review of Entomology**, v. 57, p. 229-47, 2012.

GHAZY, N.A.; OSAKABE, M.; NEGM, M.W.; SCHAUSBERGER, P.; GOTOH, T.; AMANO, H. Phytoseiid mites under environmental stress. **Biological Control**, v. 96, p. 120-134, May 2016. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.02.017>.

GOTOH, T.; YAMAGUCHI, K.; MORI, K. Effect of temperature on life history of the predatory mite *Amblyseius* (*Neoseiulus*) *californicus* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 32, p. 15-30, January 2004. <https://doi.org/10.1023/b:Appa.0000018192.91930.49>.

GRECO, N. M.; SANCHEZ, N. E.; LILJESTROM, G. G. *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) as a potential control agent of *Tetranychus urticae* (Acari:

Tetranychidae): effect of pest/predator ratio on pest abundance on strawberry. **Experimental and Applied Acarology**, v. 37, p. 57-66, October 2005. <https://doi.org/10.1007/s10493-005-0067-7>.

GUEDES, ÍTALO MORAES ROCHA. Produção de pimentão em cultivo protegido. Cultivar Hortaliças e Frutas, Brasília, ano 13, n. 76, p. 8–10, jun. 2012.

GUIMARÃES, JORGE ANDERSON; MICHEREFF FILHO, MIGUEL; MOURA, ALEXANDRE PINHO DE; SCHMIDT, FRANCISCO GUILHERME VERGOLINO; SOUSA, NAYARA CRISTINA DE MAGALHÃES; SPECHT, ALEXANDRE; LOPES, LUIZ HENRIQUE ROCHA; INOUE-NAGATA, ALICE KAZUKO; LIMA, MIRTES FREITAS; TORRES, JORGE BRAZ; SILVA, PATRÍCIA SANTOS DA. Guia de identificação de pragas do pimentão. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2020. 116 f. (Embrapa Hortaliças. Documentos, 176). ISBN 978-65-86819-04-5.

HASSAN, A. I. M.; ABDELRAHMAN, R. S.; MOHAMED, H. M. Compatibility of entomopathogenic fungi with some plant extracts used in integrated pest management. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 28, p. 1–7, 2018. Disponível em: <https://ejbpc.springeropen.com/articles/10.1186/s41938-018-0101-9>. Acesso em: 07 fev. 2024.

HENDERSON, C. F.; TILTON, E. W. Tests with acaricides against the brown wheat mite. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 48, p. 157-161, 1955.

HENZ, G. P.; COSTA, N. D.; LOPES, C. A. **Produção de pimentão em ambiente protegido**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2007. (Embrapa Hortaliças. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 180).

HERNÁNDEZ-VALENCIA, V. M.; BARRAZA-MARTÍNEZ, R. C.; CARRILLO-SANZ, J. D.; GARCÍA-GARCÍA, M.R. Compatibility between the predatory mite *Neoseiulus californicus* and the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* in the control of *Tetranychus urticae*. **Experimental and Applied Acarology**, v. 90, p. 395–412, 2024. <https://doi.org/10.1007/s10493-024-00798-9>

HERNÁNDEZ-VALENCIA, V.; SANTILLÁN-GALICIA, M. T.; GUZMÁN-FRANCO, A. W.; RODRÍGUEZ-LEYVA, E.; SANTILLÁN-ORTEGAB, C. Combined application of entomopathogenic fungi and predatory mites for biological control of *Tetranychus urticae* on chrysanthemum. **Pest Management Science**, v. 80, n. 9, p. 4199-4206, September 2024. DOI 10.1002/ps.8123.

HOY, M. A. **Agricultural acarology**: introduction to integrated mite management (Vol. 7). Boca Raton: CRC press, 2011, 410 p.

HOWELL, A. D.; DAUGOVISH, O. Biocontrol of spider mites in California strawberry production, **International Journal of Fruit Science**, v. 16, sup. 1, p. 169-177, August 2016. DOI:10.1080/15538362.2016.1195316

INGLIS, G. D.; GOETTEL, M. S.; BUTT, T. M.; STRASSER, H. Use of hyphomycetous fungi for managing insect pests, p. 23-69. In: BUTT, T. M.; JACKSON, C. W.; MAGAN,

N. (ed.). **Fungi as biocontrol agents: progress, problems and potential**. Wallingford: CABI Publishing, 2001.

IRIGARAY, F. J. S.; MARCO-MANCEBÓN, V.; PÉREZ-MORENO, I. The entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* and its compatibility with triflumuron: effects on the twospotted spider mite *Tetranychus urticae*. **Biological Control**, v. 26, n. 2, p. 168-173, 2003. DOI:10.1016/S1049-9644(02)00123-8

JARONSKI, S. T. Ecological factors in the inundative use of fungal entomopathogens. **BioControl**, v. 55, p. 159-185, November 2010. <https://doi.org/10.1007/s10526-009-9248-3>.

JONES, K. A.; BURGESS, H. D. Technology of formulation and application, p. 7-30. In: BURGESS, H. D. (ed.). **Formulation of microbial pesticides: beneficial microorganisms, nematodes and seed treatments**. Dordrecht: Kluwer Academic. 412p. 1998.

KOPPERT. Ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*). Koppert Biological Systems, 2025. Disponível em: <https://www.koppert.com>. Acesso em: 23 ago. 2025.

LEITE, L.G., BATISTA FILHO, A.; ALMEIDA, J.E.M.; ALVES, S.B. **Produção de fungos entomopatogênicos**. Ribeirão Preto, A.S. Pinto, 2003. 92p.

LEMAIRE, E.; McCune, F.; ROY, M.; BOURGEOIS, G.; FOURNIER, V. Efficacy of releases of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) on spider mite control on raspberry in high tunnel production, and implication on control strategy through a population model of *Tetranychus mcdanieli* (Acari: Tetranychidae). **Biological Control**, v. 206: 105799, July 2025. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2025.105799>.

LOPES, R. B.; FARIA, M. R.; ROCHA, L. F. N.; LUZ, C. Genetic diversity and virulence of *Beauveria bassiana* isolates from Brazil against *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. **Biological Control**, 64, 77–86, 2013.

LOPES, R. B.; PAULI, G.; MASCARIN, G. M.; FARIA, M. Influence of two formulation types and moisture levels on the storage stability and insecticidal activity of *Beauveria bassiana*. **Biocontrol Science and Technology**, v. 29, n. 5, p. 437–450, 2019. DOI: 10.1080/09583157.2019.1566436.

LUDWIG, S. W.; OETTING, R. D. Susceptibility of natural enemies to infection of *Beauveria bassiana* and impact of insecticides on *Iphyseius degenerans* (Acari: Phytoseiidae). **Journal Agricultural Urban Entomology**, v. 18, n. 3, p. 169-178, 2001.

MAKISHIMA, NOZOMU. **Cultivo protegido de hortaliças**. Fortaleza: Instituto de Desenvolvimento da Fruticultura e Agroindústria – FRUTAL, 2007. 97 p. (Apostila apresentada na Semana da Fruticultura, Floricultura e Agroindústria / VII Flor Pará, Belém – PA, 20 a 23 de junho de 2007).

MALAIS, M. H.; RAVENSBERG, W. J. **Knowing and Recognizing: the Biology of Glasshouse Pests and Their Natural Enemies**. Amsterdam: Koppert B.V., Reed Business Information. 2. reimpress, revised. 2003. 288p.

MANIANIA, N. K.; BUGEME, D. M.; WEKESA, V. W.; DELALIBERA JR., I.; KNAPP, M. Role of entomopathogenic fungi in the control of *Tetranychus evansi* and *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), pests of horticultural crops. **Experimental and Applied Acarology**, v. 46, p. 259-274, December 2008. DOI 10.1007/s10493-008-9180-8.

MARAFELLI, P. P.; REIS, P. R.; SILVEIRA, E. C.; TOLEDO, M. A.; SOUZA PIMENTEL, G. C. Potencial de predação de *Neoseiulus californicus* (McGregor, 1954) sobre as diferentes fases do desenvolvimento de *Tetranychus urticae* Koch, 1836 (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). In: **SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO – SICONBIOL**, 12., 2011, Campo Grande. Anais [...]. Campo Grande: Embrapa, 2011. p. 101.

MARČIĆ, D.; PRIJOVIĆ, M.; DROBNJAKOVIĆ, T.; MEĐO, I.; PERIĆ, P.; MILENKOVIĆ, S. Greenhouse and field evaluation of two biopesticides against *Tetranychus urticae* and *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae). **Pesticides and Phytomedicine** (Belgrade), v. 27, n. 4, p. 313-320, 2012. <https://doi.org/10.2298/PIF1204313M>.

McMURTRY, J. A.; MORAES, G. J. de; SOURASSOU, N. F. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. *Systematic and Applied Acarology*, v. 18, p. 297-320, 2013.

McMURTRY, J. A.; SCRIVEN, G. T. Insectary production of phytoseiid mites. **Journal of Economic Entomology**, v. 58, n. 2, p. 282-284, 1965.

MELO, RAPHAEL AUGUSTO DE CASTRO E; CARVALHO, RAFAEL LIMA DE; PEREIRA, ANDRÉA MENDES; FERREIRA, TÚLIO AUGUSTO; COSTA, CARLOS ALBERTO DA; CARRIJO, OSVALDO ANTÔNIO. Desempenho produtivo de pimentão cultivado em vasos com substrato utilizando mudas formadas com hidrogel nanocompósito incorporado com ureia. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2019. 20 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Hortaliças, ISSN 1677-2229; 180).

MESHKOV, Y. I.; GLINUSHKIN, A. P.; STEPANOVA, E. V.; ZAKHARENKO, V. A.; DOLZHENKO, V. I.; KARAKOTOV, S. D. Prospects for usage of predatory mite *Neoseiulus californicus* (MCGREGOR, 1954) (Order Mesostigmata: Subfamily, Amblyseiinae, family Phytoseiidae). **BIO Web of Conferences**, 113, 01005, 2024, INTERAGROMASH 2024. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202411301005>

MICHEREFF-FILHO, M.; NAVIA, D.; QUEVEDO, I. A.; MAGALHÃES, M. A.; MELO, J. W. S.; LOPES, R. B. The effect of spider mite-pathogenic strains of *Beauveria bassiana* and humidity on the survival and feeding behavior of *Neoseiulus* predatory mite species. **Biological Control**, v. 176, 105083, 2022. December 2022. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2022.105083>.

MICHEREFF-FILHO, M.; FARIA, M.; WRAIGHT, S. P.; SILVA, K. F. A. S. Micoínseticidas e micoacaricidas no Brasil: como estamos após quatro décadas? **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 76, n. 4, p. 769–779, Oct-Nov 2009. <https://doi.org/10.1590/1808-1657v76p7692009>

MIDTHASSEL, A.; LEATHER, S. R.; WRIGHT, D. J.; BAXTER, I. H. Compatibility of *Amblyseius swirskii* with *Beauveria bassiana*: two potentially complimentary biocontrol agents. **Biocontrol**, v. 61, p. 437-447, February 2016. <https://doi.org/10.1007/s10526-016-9718-3>.

MOORE, D; BRIDGE, P.D.; HIGGINS, P. M.; BATEMAN, R. P.; PRIOR C. Ultraviolet radiation damage to *Metarhizium flavoviride* conidia and the protection given by vegetable and mineral oils and chemical sunscreens. **Annals of Applied Biology**, v. 122, n. 3, p. 605-616, June 1993. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1993.tb04061.x>.

MORAES, GILBERTO JOSÉ DE; FLECHTMANN, CARLOS H. W. Manual de acarologia: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. 2. ed. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2008. 308 f.

MORAES, G. J. de; MCMURTRY, J. A.; DENMARK, H. A.; FLECHTMANN, C. H. W. **A revised catalog of the mite family Phytoseiidae**. Campinas: EMBRAPA/FEALQ, 2004. 191 p.

MORAES, G. J. DE; MESQUITA, M. C. M.; SILVA, M. C. DA; CAMPOS, C. B. DE; KREITER, S. Ácaros predadores utilizados no controle biológico no Brasil: estado da arte e perspectivas futuras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 8, p. 977–991, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/ZLFZMBbwMRvjXnMDkzY7s9G/>.

MORAES, G. J. de; OMOTO, C.; CASTILHO, R. C. de. Controle biológico no manejo integrado de pragas em cultivo protegido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 9, p. 695–703, 2014. DOI: 10.1590/S0100-204X2014000900007.

MORAES, GILBERTO JOSÉ DE. Perspectivas para o uso de predadores no controle de ácaros fitófagos no Brasil. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1992. 20 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 25). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/105592/perspectivas-para-o-uso-de-predadores-no-controle-de-acaros-fitofagos-no-brasil>. Acesso em: 5 dez. 2024.

MOTA-SANCHEZ, D.; WISE, J.C. The Arthropod Pesticide Resistance Database. Michigan State University. 2025. Disponível em: <http://www.pesticideresistance.org>. Acesso em: 5 out. 2025.

MOURA A. P., FILHO M. M., GUIMARÃES J. A., AMARO GB, LIZ RS (2013) **Manejo integrado de pragas de pimentas do gênero Capsicum**. Embrapa Hortaliças, 1ª edição, 2013. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/paginas/serie_documentos/publicacoes2013/ct_115.pdf>. Acesso em: 20 mar.2025.

MOURA, A. P. Manejo de Pragas. In: NICK, C.; BORÉM, A. (Org.). **Pimentão: do plantio à colheita**. 1ed. Viçosa-MG: Editora UFV, 2016, v. 1, p. 95-115.

MOUSTAFA, O. K.; ABOU-YOUSEF, H. M.; EL-ATTAL, Z. M. Efficiency of three types of oils against *Aphis fabae* and *Tetranychus urticae*. **Egypt Journal of Agricultural Research**, v. 80, n. 3, p. 1133-1140, September 2002.

MUTLU, SUKRAN; KOBIERSKA, RAMONA; VANHONACKER, FILIEP; VAN LOON, JOOST; VAN LOO, ELLEN. Shaping consumer preferences for sweet peppers: exploring the role of social, environmental, and sensory attributes in the era of health consciousness and local sourcing. **Agricultural and Food Economics**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 1-22, 2025. DOI: 10.1186/s40100-025-00386-2

NAVIA, DENISE; CASTILHO, RAPHAEL C.; MORAES, GILBERTO JOSÉ DE. Controle de artrópodes-praga com ácaros predadores. In: PARRA, JOSÉ ROBERTO POSTALI; PINTO, A. DE SOUZA; ZUCCHI, ROBERTO ANTÔNIO; ANDRADE, GILBERTO SILVA (org.). **Controle biológico de pragas da agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. p. 433-464. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/212490/1/CBdocument.pdf>. Acesso em: 5 dez. 2024

NUMA VERGEL, S. J.; BUSTOS, R. A.; RODRIGUEZ, C. D.; CANTOR, R. F. Laboratory and greenhouse evaluation of the entomopathogenic fungi and garlic-pepper extract on the predatory mites, *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus* and their effect on the spider mite *Tetranychus urticae*. **Biological Control**, v. 57, n. 2, p. 143-149, May 2011. DOI:10.1016/j.biocontrol.2011.02.007.

OLIVEIRA, D. G. P.; LOPES, R. B.; REZENDE, J. M.; DELALIBERA Jr., I. Increased tolerance of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* conidia to high temperature provided by oil-based formulations. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 151, p. 151-157, January 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2017.11.012>.

OLIVEIRA, D.G.P., PAULI, G., MASCARIN, G.M., DELALIBERA, I. A protocol for determination of conidial viability of the fungal entomopathogens *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* from commercial products. **Journal of Microbiological Methods**, v. 119, p. 44-52, December 2015. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2015.09.021>

OLIVEIRA, H.; JANSSEN, A.; PALLINI, A.; VENZON, M.; FADINI, M.; DUARTE, V. A. Phytoseiid predator from the tropics as potential biological control agent for the spider mite *Tetranychus Koch* (Acari: Tetranychidae). **Biological Control**, v. 42, n. 2, p. 105-109, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.03.011>.

ONOHAMA, S. S.; REIFSCHNEIDER, F. J. B.; MOITA, A. W.; SOUZA, G. S. Atributos de hortaliças sob a ótica de consumidores: estudo de caso do pimentão no Distrito Federal. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 1, p. 124-132, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/WfL6FLFby5fLzFcG9zrKThD>. Acesso em: 25/07/2024.

PALEVSKY, E.; WALZER, A.; GAL, S.; SCHAUSBERGER, P. Evaluation of dry-adapted strains of the predatory mite *Neoseiulus californicus* for spider mite control on cucumber, strawberry and pepper. **Experimental and Applied Acarology**, v. 45, p. 15-27, 2008. DOI: 10.1007/s10493-008-9162-x.

PEDROSO, MARIA THEREZA MACEDO; FERREIRA, ZENAIDE RODRIGUES. Caracterização dos polos de produção e de produtores de pimentão no Brasil. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2023. 29 p. (Documentos / Embrapa Hortaliças, ISSN 1415-2312; 196).

PICANÇO, M.; MARQUINI, F. Manejo integrado de pragas de hortaliças em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200, p.126-133, set./dez. 1999.

PINTO, C. M. F.; VIDIGAL, S. M.; MOREIRA, G. R.; CALIMAN, F. R. B.; VENZON, M.; PICANÇO, M. C.; NEVES, W. S. Pimentão. In: PAULA JÚNIOR, T. J.; VENZON, M. (ed.). **101 Culturas: manual de tecnologias agrícolas**. 2. ed., rev. e atual. Belo Horizonte, MG: EPAMIG, 2019, Cap. 83, p. 748-757.

PRASLIČKA, J.; HUSZAR, J. Influence of temperature and host plants on the development and fecundity of the spider mite *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae). **Plant Protection Science**, Praga, v. 40, n. 4, p. 141-144, 2004.

QAYYOUM, M. A.; KHAN, B. S.; SONG, Z-W.; YI T-C.; INAYAT, R.; AKRAM, M. I.; MOBARAK, S. H.; LI, D-S. Fatty acids from soybeans: compatibility with *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae) and its two predators. **Oilseeds & fats Crops and Lipids**, v. 32, n. 4, January 2025b. <https://doi.org/10.1051/ocl/2024035>.

QAYYOUM, M. A.; MOBARAK, S. H.; SONG, Z-W.; LI, D-S.; KHAN, B. S.; AKRAM, M. I.; JIN, D.; YI, T- C. *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) chemical impaired functional response type assessment preying on *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae). **Scientific Reports**, v. 15, 35778, October 2025a. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-12798-7>.

RAHMANI, H.; HOSEINI, M.; SABOORI, A.; WALZER, A. Prey preference of the predatory mite *Neoseiulus californicus* (Mesostigmata: Phytoseiidae) when offered two major pest species, the two spotted spider mite and the onion thrips, **International Journal of Acarology**, v. 42, n. 6, p. 319-323, June 2016. DOI: 10.1080/01647954.2016.1191540

REIFSCHNEIDER, F. J. B. (org.). **Capsicum**: pimentas e pimentões no Brasil. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Embrapa Hortaliças, 2000.

REZAIE, M.; SABOORI, A.; BANIAMERIE, V.; HOSSEINI-GHARALARI, A. The effect of strawberry cultivars on functional response and prey-stage preference of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 5, n. 1, p. 27-35, 2017.

REZENDE, J. A. M.; PAVAN, M. A.; SILVA, N.; ÁVILA, A. C. Problemas fitossanitários em cultivo protegido de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 190-195, 2010.

RHODES, E. M.; LIBURD, O. E. Evaluation of predatory mites and Acramite for control of twospotted spider mites in strawberries in North Central Florida. **Journal of Economic Entomology**, v. 99, n. 4, p. 1291-1298, 2006.

RIAHI, E.; SHAKARAMI, J.; ALLAHYARI, H.; SABOORI, A. Compatibility of the predatory mite *Neoseiulus californicus* and the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* for control of *Tetranychus urticae*. **Systematic and Applied Acarology**, v. 22, n. 9, p. 1455-1465, 2017.

ROY, H. E.; PELL, J. K. Interactions between entomopathogenic fungi and other natural enemies: implications for biological control. **Biocontrol Science and Technology**, v. 10, n. 6, p. 737-752, June 2000. DOI:10.1080/09583150020011708.

SAITO, T.; BROWNBRIDGE, M. Compatibility of foliage-dwelling predatory mites and mycoinsecticides, and their combined efficacy against western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. **Journal of Pest Science**, v. 91, p. 1291-1300, May 2018. <https://doi.org/10.1007/s10340-018-0991-z>.

SANTOS, M.D.; DUARTE, M.E.; VALENTE, E.C.N.; BARBOSA, T.J.A.; SILVA, E. S. Eficiência de isolados comerciais de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin e *Metharhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok (Hypocreales: Cordycipitaceae, Clavicipitaceae) sobre o ácaro rajado *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 14, n. 2, p. 76-79, abril/jun. 2016.

SARAIVA, W.V.A.; VIEIRA, I.G.; GALVÃO, A.S.; AMARAL, E.A.; RÊGO, A.S.; TEODORO, A.V.; DIAS-PINI, N. S. Lethal and sublethal effects of babassu and degummed soybean oils on the predatory mite *Typhlodromus ornatus* (Acari: Phytoseiidae). **International Journal of Acarology**, v. 46, n. 3, p. 180-184, March 2020. <https://doi.org/10.1080/01647954.2020.1734081>.

SEIEDY, M.; SABERI-RISEYKH, H.; KHANIKAR, H. A.; SADEGHI-NASAB, A. Compatibility of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin with the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot under laboratory conditions. **Biocontrol Science and Technology**, v. 22, n. 4, p. 411-420, 2012. <https://doi.org/10.1080/09583157.2012.695010>

SEIEDY, M.; SABOORI, A.; ALLAHYARI, H. Interactions of two natural enemies of *Tetranychus urticae*, the fungal entomopathogen *Beauveria bassiana* and the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis*. **Biocontrol Science and Technology**, v. 22, n. 8, p. 873-882, August 2012a. DOI:10.1080/09583157.2012.695010.

SEIEDY, M.; SABOORI, A.; ALLAHYARI, H.; TALAEI-HASSANLOUI, R.; TORK, M. Functional response of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) on untreated and *Beauveria bassiana*-treated adults of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Journal of Insect Behavioral**, v. 25, n. 6, p. 543-553, August 2012b. DOI:10.1007/s10905-012-9322-z.

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, June 2004. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCONTROL.2004.01.017>.

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, June 2008b. DOI 10.1007/s10493-008-9172-8.

SHI, W. B.; MING-GUANG 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.; ZHANG, L. L.; FENG, M. G. Field trials of four formulations of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisoplae* for control of cotton spider mites (Acari: Tetranychidae) in the Tarim Basin of China. **Biological Control**, v. 45, n. 1, p. 48-55, April 2008a. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.11.006>

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, n. 3, p. 229-37, July 2009. doi: 10.1007/s10493-009-9238-2.

SKIRVIN, D.; FENLON, J. Of mites and movement: the effects of plant connectedness and temperature on movement of *Phytoseiulus persimilis*. **Biological Control**, v. 27, n. 3, p. 242-250, July 2003. doi:10.1016/S1049-9644(03)00022-7

SMAGGHE, F.; SPOONER-HART, R.; CHEN, Z-H.; DONOVAN-MAK, M. Biological control of arthropod pests in protected cropping by employing entomopathogens: Efficiency, production and safety. **Biological Control**, v. 186, November 2023, 105337. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2023.105337>

TAKEDA, N.; TAKATA, A.; ARAI, Y.; SASAYA, K.; NOYAMA, S.; WAKISAKA, S.; ABUELFADL GHAZY, N. A.; VOIGT, D.; SUZUKI, T. A vegetable oil-based biopesticide with ovicidal activity against the two-spotted spidermite, *Tetranychus urticae* Koch. **Engineering in Life Sciences**, v. 20, n. 11, p. 525-534, November 2020. DOI: 10.1002/elsc.202000042.

TEODORO, A. V.; OLIVEIRA, N. N. F. C.; GALVÃO, A. S.; SENA FILHO, J. G.; PINTO- ZEVALLOS, D. M. 2020. Interference of plant fixed oils on predation and reproduction of *Neoseiulus baraki* (Acari: Phytoseiidae) feeding on *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae). **Biological Control**, v. 143, 104204, April 2020. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104204>.

ULLAH, F.; SHAD, S. A.; AQEEL, M. A.; LEE, J. J.; AHMED, S. Synergistic interaction of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae) against *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on cowpea. **Experimental and Applied Acarology**, v. 72, p. 271–283, 2017. DOI: 10.1007/s10493-017-0176-9.

ULLAH, M. S.; LIM, U. T. Laboratory evaluation of the effect of *Beauveria bassiana* on the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 148, p. 102-109, September 2017b. Doi: 10.1016/j.jip.2017.06.006.

ULLAH, M. S.; LIM, U. T. Synergism of *Beauveria bassiana* and *Phytoseiulus persimilis* in control of *Tetranychus urticae* on bean plants. **Systematic & Applied Acarology**, v. 22, n. 11, p. 1924-1935, 2017a. <http://doi.org/10.11158/saa.22.11.11>

UMETSU, N.; SHIRAI, Y. Development of novel pesticides in the 21st century. **Journal of Pesticide Science**, v. 45, n. 2, p. 54-74, May 2020. DOI: 10.1584/jpestics.D20-201.

VACANTE, V. **The Handbook of mites of economic plants**: identification, bioecology and control. Wallingford: CABI International, 2015, 890 p.

VASQUEZ-BENITO, V. H.; PINA, T.; SERRANO, E.; VILLARREAL, R.; LÓPEZ, S. N.; SILVA, C. A. D.; VILLALOBOS, J. A. Combined use of entomopathogenic fungi and Phytoseiidae mites for the control of *Brevipalpus yothersi* (Acari: Tenuipalpidae) on citrus. **Biological Control**, v. 172, p. 105025, 2022. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2022.105025

VEIGA JUNIOR, VALDIR FLORÊNCIO DA; WIEDEMANN, LARISSA SILVEIRA MOREIRA; ARAUJO JUNIOR, CLÁUDIO PEREIRA DE; ANTONIO, ANANDA DA SILVA. **Origin and evolution of Capsicum**. In: VEIGA JUNIOR, Valdir Florêncio da (ed.). **Chemistry and nutritional effects of Capsicum**. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 2022. p. 1–14. (Food Chemistry, Function and Analysis, 37). DOI: [10.1039/9781839160646-00001](https://doi.org/10.1039/9781839160646-00001)

VENZON, M.; PALLINI, A.; GUEDES, R. N. C. Manejo integrado de ácaros fitófagos. In: VENZON, M.; PALLINI, A.; GUEDES, R. N. C. (org.). **Controle alternativo de pragas e doenças na agricultura: fundamentos, ferramentas e aplicações**. Viçosa, MG: UFV, 2010. p. 171–196.

VIEIRA, B. A. H.; NECHET, K. L.; MOURÃO JÚNIOR, M. C.; SILVA, M. A. S. da. **Aspectos agrônômicos de híbridos de pimentão em cultivo protegido em Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2005. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 1).

VIEIRA, D. F. A.; CLEMENTE, F. M. V. T. Harvest-Expedition on Protected Cultivation: characterization and prospective study of the challenges and solutions associated with the protected cultivation of vegetable crops. **Horticultura Brasileira**, v. 36, n. 4, p. 431–438, out./dez. 2018.

WALZER, A.; CASTAGNOLI, M.; SIMONI, S.; LIGUORI, M.; PALEVSKY, E.; SCHAUSBERGER, P. Intraspecific variation in humidity susceptibility of the predatory mite *Neoseiulus californicus*: survival, development and reproduction. **Biological Control**, v. 41, n. 1, p. 42–52, 2007.

WEINTRAUB, P. G. Integrated control of pests in tropical and subtropical sweet pepper production. **Pest management Science**, v. 63, n. 8, p. 753-760, August 2007. <https://doi.org/10.1002/ps.1366>.

WEINTRAUB, P. G.; KLEITMAN, S.; ALCHANATIS, V.; PALEVSKY, E. Factors affecting the distribution of a predatory mite on greenhouse sweet pepper. **Experimental and Applied Acarology**, v. 42, p. 23-35, May 2007. DOI 10.1007/s10493-007-9077-y.

WEINTRAUB, P.; PALEVSKY, E. Evaluation of an arid adapted strain of the predatory mites, *Neoseiulus californicus*, for spider mite control on greenhouse sweet pepper. **Experimental and Applied Acarology**, v. 45, n. 1-2, p. 29-37, June 2008. doi:10.1007/s10493-008-9169-3.

WEKESA V. W.; KNAPP, M.; MANIANIA, N. K.; BOGA, H. I. Effects of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* on mortality, fecundity and egg fertility of *Tetranychus evansi*. **Journal of Applied Entomology**, v. 130, n. 3, p. 155-159, April 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2006.01043.x>.

WEKESA V.; MORAES, G. D.; KNAPP, M.; DELALIBERA, I. Jr. Interactions of two natural enemies of *Tetranychus evansi*, the fungal pathogen *Neozygites floridana* (Zygomycetes: Entomophthorales) and the predatory mite, *Phytoseiulus longipes* (Acari: Phytoseiidae). **Biological Control**, v. 41, n. 3, p. 408-414, March 2007. DOI:10.1016/j.biocontrol.2007.03.003.

WEKESA, V. W.; NGUYA K. MANIANIA, N. K.; KNAPP, M.; HAMADI, H. I. Pathogenicity of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to the tobacco spider mite *Tetranychus evansi*. **Experimental and Applied Acarology**, v. 36, p. 41-50, May 2005. DOI 10.1007/s10493-005-0508-3.

WIDJANI, A. D.; MEYER, S. L. F.; WAKIL, W.; JACKSON, M. A. Germination behavior of *Beauveria bassiana* conidia on the cuticle of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). **Journal of Entomological Science**, v. 45, n. 4, p. 322–328, 2010. DOI: 10.18474/0749-8004-45.4.322.

WRAIGHT, S. P.; JACKSON, M. A.; DE KOCK, S. L. Production, stabilization and formulation of fungal biocontrol agents, p. 253-287. In: BUTT, T. M.; JACKSON, C.; MAGAN, N. (eds). **Fungi as biocontrol agents: progress, problems and potential**. Wallingford: CAB International, 2001. 416p.

WRAIGHT, S. P.; LOPES, R. B.; FARIA, M. Microbial control of mite and insect pests of greenhouse crops. In: LACEY, L. A. (ed.), **Microbial control of insect and mite pests**. Cambridge: Academic Press, 2016. p. 237-252.

WU, S. Y.; GAO, Y. L.; XU, X. N.; GOETTEL, M. S.; LEI, Z. R. Compatibility of *Beauveria bassiana* with *Neoseiulus barkeri* for control of *Frankliniella occidentalis*. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 14, n. 1, p. 98-105, 2015a. Doi: 10.1016/S2095-3119(13)60731-5.

WU, S. Y.; GAO, Y. L.; XU, X. N.; WANG, D. J.; LI, J.; WANG, H. H.; LEI, Z. R. Feeding on *Beauveria bassiana*-treated *Frankliniella occidentalis* causes negative effects

on the predatory mite *Neoseiulus barkeri*. **Scientific Reports**, v. 5, 12033, July 2015b. DOI: 10.1038/srep12033.

WU, S. Y.; GAO, Y. L.; ZHANG, Y. P.; WANG, E. D.; XU, X. N.; LEI, Z. R. An entomopathogenic strain of *Beauveria bassiana* against *Frankliniella occidentalis* with no detrimental effect on the predatory mite *Neoseiulus barkeri*: evidence from laboratory bioassay and scanning electron microscopic observation. **PLoS ONE**, v. 9, n. 1, e84732, January 2014. Doi: 10.1371/journal.pone.0084732. eCollection 2014.

WU, S.; GAO, Y.; SMAGGHE, G. Interactions between entomopathogenic fungi and predatory mites for integrated control of spider mites: a review. **Pest Management Science**, v. 76, n. 5, p. 1365-1373, 2020.

WU, S.; GAO, Y.; SMAGGHE, G.; XU, X.; LEI, Z. 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, July 2016a. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.04.001>.

WU, S.; GAO, Y.; XU, X. Negative effect of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* on the predatory mite *Neoseiulus barkeri* when preying on western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. **Experimental and Applied Acarology**, v. 65, p. 243–251, 2015. DOI: 10.1007/s10493-014-9862-x.

WU, S.; HE, Z.; WANG, E.; XU, X.; LEI, Z. Application of *Beauveria bassiana* and *Neoseiulus barkeri* for improved control of *Frankliniella occidentalis* in greenhouse cucumber. **Crop Protection**, v. 96, p. 83–87, 2017.

WU, S.; XIE, H.; LI, M.; XU, X.; LEI, Z. Highly virulent *Beauveria bassiana* strains against the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*, show no pathogenicity against five phytoseiid mite species. **Experimental and Applied Acarology**, v. 70, n. 4, p. 421-435, December 2016b. doi: 10.1007/s10493-016-0090-x.

YAMADA, M.; RAMOS, G. S.; ARAÚJO, A. S.; THIESEN, L. V.; IOST FILHO, F. H.; YAMAMOTO, P. T. Dynamics of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) in the presence of the predatory mite *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) in cotton under Semi-field conditions. **Neotropical Entomology**, v. 54, n. 1: 65, May 2025. <https://doi.org/10.1007/s13744-025-01276-4>.

YANAR, D.; YANAR, Y.; BELGÜZAR, S.; ESER, İ.; ÜNALAN, K.H. Efficacy of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* isolates against the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 16, n. 6, p. 7903-7911, 2018.

ZHANG, Z.-Q. **Mites of Greenhouses: Identification, Biology and Control**. Wallingford: CABI Publishing, 2003. 244p.

ZHANG, L.; SHI, W. B.; FENG, M. G. Histopathological and molecular insights into the ovicidal activities of two entomopathogenic fungi against two-spotted spider mite. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 117, p. 73-78, March 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jip.2014.02.005>.

