

WILLIAN SANTOS DO VALE

**LIBERAÇÃO COMBINADA DE *Neoseiulus californicus* (McGregor) E  
*Phytoseiulus macropilis* (Banks) PARA O CONTROLE DE *Tetranychus*  
*urticae* Koch NA CULTURA DO MORANGO (*Fragaria x ananassa* Duch.)**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa, como  
parte das exigências do Programa de  
Pós-Graduação em Entomologia, para  
obtenção do título de *Magister*  
*Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2018

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da  
Universidade Federal de Viçosa - Campus Viçosa

T

V149L  
2018  
Vale, Willian Santos do, 1993-  
Liberação combinada de *Neoseiulus californicus* (McGregor) e  
*Phytoseiulus macropilis* (Banks) para o controle de *Tetranychus urticae*  
Koch na cultura do morango (*Fragaria x ananassa* Duch.) / Willian  
Santos do Vale. - Viçosa, MG, 2018.  
xi, 35 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Angelo Pallini Filho.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Referências bibliográficas: f. 31-35.

1. Controle biológico. 2. Ácaros no controle biológico de pragas.  
3. Ácaros rajados. 4. Morango - Doenças e pragas - Controle biológico.  
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Entomologia.  
Programa Pós-Graduação de Entomologia. II. Título.

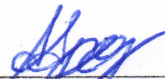
CDD 22. ed. 632.96

WILLIAN SANTOS DO VALE

Liberação combinada de *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) para o controle de *Tetranychus urticae* Koch na cultura do morango (*Fragaria x ananassa* Duch.)

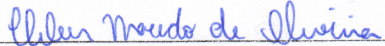
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 26 de julho de 2018.



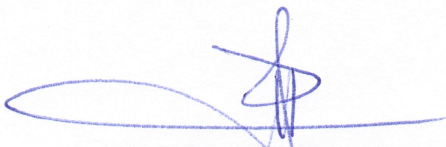
---

André Lage Perez



---

Cleber Macedo de Oliveira



---

Angelo Pallini Filho  
(Orientador)

Dedico aos meus amigos, familiares e colegas, pelas alegrias, tristezas e dores compartilhadas. Com vocês, as pausas entre um parágrafo e outro de produção melhoram tudo o que tenho produzido na vida.

“Um sapo em um poço não conhece o grande oceano”

Provérbio popular

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, por me dar força na conquista do título de Mestre. À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia, pela oportunidade e qualidade em ensino e institucional no decorrer do curso.

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pela bolsa de estudos e financiamento do projeto de pesquisa.

Aos orientadores do programa de Pós-Graduação em Entomologia transmito minha gratidão e agradecimento pelo conhecimento transmitido e pela colaboração.

À equipe da Econrole Pesquisa e Consultoria Ltda pelo apoio, sugestões e por disponibilizar equipamentos e estrutura para o desenvolvimento deste trabalho, meu sincero agradecimento.

Aos professores Angelo Pallini e Arne Janssen pelas colaborações e sugestões, desde o desenvolvimento do trabalho e execução dos experimentos até a fase final da entrega da dissertação.

Aos amigos do Laboratório de Acarologia que colaboram de alguma forma nas pesquisas, discussões, nos trabalhos de campo, coletas, análises estatísticas e durante os experimentos. Em especial à Adriana, Aldo, Ana, André, Célia, Cleber, Cleide, Felipe Colares, Henry, Italo, Laila, Manoel, Paola, Pauliana, Pedro, Marcus, Morgana, Matheus, Rafael e Vanessa.

Aos amigos do Programa de Pós-Graduação em Entomologia pelos bons momentos, em especial à Bárbara, Belline, Fernanda e Gabriel.

Aos meus amigos de longa data, que tanto incentivaram e permanecem incentivando, em especial à Adriana, Amon, Bruno, Carol, Eduardo, Edenilson, Fabricio, Genilson, Jeannine, Maria, Mariana, Olivia, Ricardo, Sávio, Thiago e Victor.

Aos amigos que conheci em Viçosa e que vou levar para a vida, em especial ao André, Bruno, Cristina, Hiago, Hugo, Luiz e Nelimar.

À minha família pelo apoio quando mais precisei. Agradeço em especial à minha mãe Lucidalva, ao meu pai Salvador e à minha irmã Érica, pelo companheirismo e apoio em todos os momentos.

## **BIOGRAFIA**

Willian Santos do Vale, filho de Lucidalva Santos do Vale e Salvador Rocha do Vale, nasceu em Brumado, Bahia em 11 de novembro de 1993.

Iniciou o curso de Agronomia no ano de 2012 na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* de Vitoria da Conquista-Bahia obtendo o título de Engenheiro Agrônomo em julho de 2016. Durante a graduação foi monitor por dois períodos da disciplina “Pedologia e Física do Solo”. Foi bolsista de Iniciação Científica por dois anos sob orientação da Professora Dra. Maria Aparecida Castellani no Laboratório de Entomologia Agrícola da UESB, participando de projetos voltados ao manejo integrado das principais pragas das culturas do algodão (*Gossypium hirsutum* L.) e café (*Coffea arabica* L.) nas principais regiões produtoras do Estado da Bahia.

Em agosto de 2016 iniciou o curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Entomologia da Universidade Federal de Viçosa, sob orientação do pesquisador Dr. Angelo Pallini e coorientação do Dr. Felipe Colares Batista. Em julho de 2018 submeteu-se a defesa da dissertação que é aqui apresentada.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	x
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	6
2.1 Criação dos ácaros .....	6
2.2 Plantas de morango .....	8
2.3 Dinâmica populacional de <i>T. urticae</i> , <i>N. californicus</i> e <i>P. macropilis</i> em plantas de morango em casa de vegetação .....	9
2.4 Taxa de oviposição de <i>N. californicus</i> e <i>P. macropilis</i> quando liberados em conjunto em diferentes proporções em ambiente com abundância de presas .....	11
2.5 Taxa de oviposição de <i>N. californicus</i> e <i>P. macropilis</i> quando liberados em conjunto em função da disponibilidade de alimento .....	13
2.6 Taxa de oviposição de <i>N. californicus</i> e <i>P. macropilis</i> quando liberados em conjunto em ambiente com baixa disponibilidade de alimento .....	14
2.7 Análise estatística .....	15
3. RESULTADOS .....	16
3.1 Dinâmica populacional de <i>T. urticae</i> , <i>N. californicus</i> e <i>P. macropilis</i> em plantas de morango em casa de vegetação .....	16
3.1.1 Dinâmica populacional de <i>T. urticae</i> .....	16
3.1.2 Dinâmica populacional de <i>N. californicus</i> e <i>P. macropilis</i> .....	18
3.2 Taxa de oviposição de <i>N. californicus</i> e <i>P. macropilis</i> quando liberados em conjunto em diferentes proporções em ambiente com abundância de presas .....	21
3.3 Taxa de oviposição de <i>N. californicus</i> e <i>P. macropilis</i> quando liberados em conjunto em função da disponibilidade de alimento .....	22
3.4 Taxa de oviposição de <i>N. californicus</i> e <i>P. macropilis</i> quando liberados em conjunto em ambiente com baixa disponibilidade de alimento .....	23
4. DISCUSSÃO .....	25
5. CONCLUSÃO .....	30
6. REFERÊNCIAS .....	31

## RESUMO

VALE, Willian Santos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2018. **Liberação combinada de *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) para o controle de *Tetranychus urticae* Koch na cultura do morango (*Fragaria x ananassa* Duch.).** Orientador: Angelo Pallini Filho. Coorientador: Felipe Colares Batista.

A liberação combinada de ácaros predadores tem sido considerada como uma estratégia para melhorar o controle biológico de diversas pragas em todo o mundo. Nesta técnica usualmente são utilizadas espécies com características alimentares distintas, generalistas e especialistas, visando compensar e/ou complementar o desempenho dos agentes utilizados. Nesse contexto, estudamos a liberação combinada dos ácaros predadores *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) no controle de *Tetranychus urticae* Koch na cultura do morango. Primeiramente, avaliamos a liberação combinada dos ácaros predadores no controle de *T. urticae* em plantas de morango em casa de vegetação. Neste experimento observamos que quando liberados em conjunto, *P. macropilis* e *N. californicus* persistiram nas plantas em maior número de indivíduos, o que é uma característica desejável para o controle biológico em longo prazo de *T. urticae*. No entanto, a liberação combinada dos predadores prorrogou a supressão da população de *T. urticae* em relação à liberação individualizada das espécies predadoras aqui estudadas. Posteriormente expandimos nossos experimentos para laboratório, onde avaliamos de maneira mais aprofundada as interações entre os predadores coexistentes que podem gerar resultados negativos para o caso de controle biológico aqui estudado. Desta maneira, encontramos que em ambiente com baixa disponibilidade de presas a taxa de oviposição de *N. californicus* é afetada negativamente pela presença de seu heteroespecífico, e o oposto ocorre com *P. macropilis*. Conclui-se, no entanto,

que são necessários mais estudos para avaliar se o atraso da supressão da população praga, resultante da liberação combinada em relação à liberação individualizada de predadores, reflete significativamente na produção das plantas a ponto de causar prejuízo econômico na cultura.

## ABSTRACT

VALE, Willian Santos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2018. **Combined release of *Neoseiulus californicus* (McGregor) and *Phytoseiulus macropilis* (Banks) for the control of *Tetranychus urticae* (*Fragaria x ananassa* Duch.) in the strawberry culture (*Fragaria x ananassa* Duch.).** Adviser: Angelo Pallini Filho. Co-adviser: Felipe Colares Batista.

The combined release of predatory mites has been considered as a strategy to improve biological control of various pests worldwide. In this technique usually are used species with distinct food habits, generalist and specialist, in order to compensate and/or complement the performance of the agents used. In this context, we studied the combined release of predatory mites *Neoseiulus californicus* (McGregor) and *Phytoseiulus macropilis* (Banks) in the control of *Tetranychus urticae* Koch in the strawberry culture. Firstly, we evaluated the combined release of predatory mites in the control of *T. urticae* in strawberry plants under greenhouse conditions. In this experiment we observed that when released together, *P. macropilis* and *N. californicus* persisted in at plants in a greater number of individuals, which is a desirable characteristic for the long term biological control of *T. urticae*. However, the combined release of predators delayed the suppression of the *T. urticae* population in relation to the individualized release of the predatory species studied here. Later we expanded our experiments to the laboratory, where we evaluate in a more profound way the interactions between the coexisting predators that can generate negative results for the case of biological control studied here. In this way, we found that in an environment with low prey availability the rate of oviposition of *N. californicus* is negatively affected by the presence of its heterospecific, and the opposite occurs with *P. macropilis*. We concluded, however, that further studies are needed to assess whether the delay in the suppression of the pest population, resulting from

the combined release in relation to the individual release of predators, significantly reflects in the plant production to the point of causing economic loss.

## 1. INTRODUÇÃO

A cultura do morango (*Fragaria x ananassa* Duch.) apresenta entraves fitossanitários que comprometem a sua produção, especialmente as infestações pelo ácaro rajado *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), considerada sua principal praga (Chiavegato & Mischan, 1981; García-Marí & González-Zamora, 1999; Howard et al., 1985; Price & King, 1991). A grande importância dada a este fitófago se dá em função de sua rápida taxa de desenvolvimento e elevado potencial reprodutivo (Sato et al., 2007). As injúrias causadas na planta são provocadas pela perfuração das células da epiderme da face abaxial das folhas, formando manchas branco-prateadas, e posteriormente seca e queda das folhas (Flechtmann, 1972). Tais injúrias levam a diminuição da área fotossintética e ocasiona a redução da capacidade produtiva da planta (Sances et al., 1982). Quando não são tomadas medidas de controle adequadas a produção de frutos pode ser reduzida em até 80%, além de afetar a qualidade dos mesmos (Chiavegato & Mischan, 1981).

Em cultivos convencionais, o controle químico é o principal método de controle de *T. urticae* (Ferla et al., 2007; Moraes, 1992; Oliveira et al., 2007; Sato et al., 2007). Contudo, seu uso vem sofrendo restrições devido à perda de eficiência dos acaricidas hoje disponíveis no mercado em consequência da seleção de populações resistentes (Van Leeuwen et al., 2010), dificuldade em respeitar o período de carência e toxicidade dos produtos utilizados (Ferla et al., 2007), além da crescente exigência dos consumidores por um alimento com menor uso de agrotóxicos (Gerson & Weintraub, 2007).

Nesse contexto, uma das alternativas para o controle de *T. urticae* é o controle biológico, principalmente por meio da liberação de ácaros predadores. Vários são

os estudos demonstrando a capacidade de controle das populações dessa praga com a utilização de ácaros predadores, sobretudo utilizando espécies pertencentes à família Phytoseiidae (Easterbrook, 1992; Oliveira et al., 2009; Oliveira et al., 2007; Rhodes & Liburd, 2006; Sato et al., 2007). No entanto, esta tecnologia apresenta algumas limitações, como por exemplo, o maior período de tempo necessário para reduzir a população da praga quando comparado ao controle químico.

Nesse sentido, visando introduzir ou melhorar a performance dos ácaros predadores, algumas técnicas têm sido desenvolvidas com sucesso, por exemplo: a suplementação alimentar através do fornecimento de dieta mista, seja com pólen, fungos ou oferecendo outra espécie de presa (Delisle et al., 2015a; Duarte et al., 2015; Messelink et al., 2008; Muñoz-Cárdenas et al., 2014; Pozzebon & Duso, 2008); a manutenção de um banco de plantas de culturas secundárias que auxilie no desenvolvimento e na dispersão de predadores para o controle de pragas (Pratt & Croft, 2000; Xiao et al., 2012); e a utilização de produtos seletivos junto com a liberação de ácaros predadores (Rhodes & Liburd, 2006; Rhodes et al., 2006; Sato et al., 2007; Trumble & Morse, 1993).

Uma outra alternativa que vem sendo considerada para o controle de ácaros fitófagos é a liberação combinada de predadores (Delisle et al., 2015a; Duso, 1989; Rhodes et al., 2006; Schausberger, 1998; Schausberger & Walzer, 2001; Walzer et al., 2001). De forma geral, nesta técnica são utilizadas espécies com características alimentares distintas, generalistas e especialistas, visando compensar e/ou complementar a performance de controle dos agentes utilizados (Chang & Kareiva, 1999; Sunderland et al., 1997). Dentro da família Phytoseiidae, existem espécies com hábitos alimentares generalistas, como

*Neoseiulus cucumeris* (Oudemans), *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot), que podem-se alimentar de diversos recursos como pólen, fungos ou outros ácaros. As espécies pertencentes a este grupo têm a capacidade de sobreviver ou persistir mesmo quando há baixa disponibilidade de presa ou quando essas são temporariamente extintas. Por outro lado, espécies especialistas como *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot), *Phytoseiulus macropilis* (Banks) e *Phytoseiulus longipes* Evans, necessitam que uma determinada presa permaneça no ambiente, sendo que a ausência da mesma leva à extinção do predador por falta de alimento (McMurtry & Croft, 1997). No entanto, até o momento são poucos os trabalhos que avaliam a liberação combinada de ácaros predadores para o controle de *T. urticae* na cultura do morango (Lee & Lo, 1990; Rhodes et al., 2006).

Adicionalmente, a coexistência das populações predadoras liberadas em conjunto acarreta em interações e suas consequências podem influenciar de maneira distinta o desempenho dos agentes de controle utilizados (Schausberger & Walzer, 2001). Essas interações podem ser positivas para o controle biológico, promovendo o aumento da taxa de predação e/ou efeitos complementares na supressão de fitófagos. Estas interações positivas foram observadas no controle de *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) pelos ácaros predadores *P. persimilis* e *N. californicus* quando liberados em conjunto em plantas de gérbera em casa de vegetação (Schausberger & Walzer, 2001); e também na supressão da população de *Myzus persicae* (Sulzer) pelo conjunto de inimigos naturais composto por *Aphidius matricariae* (Haliday), *Nabis* spp., *Coccinella septempunctata* Linnaeus e *Hippodamia convergens* Guérin-Meneville em plantas de batata (*Solanum tuberosum*) e couve (*Brassica oleracea* L.) (Straub & Snyder, 2008).

Por outro lado, as interações entre as espécies predadoras coexistente podem gerar resultados negativos para o controle biológico. Neste sentido, a perda de eficiência de controle pode estar ligada a competição interespecífica, que é a redução na fecundidade individual, sobrevivência ou crescimento como resultado da exploração de recursos ou por interferência de indivíduos de outra espécie (Begon et al., 1996); ou ligada à predação intraguilda, que é uma combinação de competição de recursos e predação entre os inimigos naturais (Polis et al., 1989). Exemplos destes resultados negativos para o controle biológico foram observado entre *Orius laevigatus* (Fieber) e *N. cucumeris* para o controle biológico de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Magalhães et al., 2004); e também no uso de múltiplos inimigos naturais na supressão de *Aphis gossypii* Gloves (Rosenheim et al., 1993).

Além do efeito positivo e negativo, as interações entre as populações liberadas podem ainda apresentar resultado neutro, tornando o desempenho de supressão da população praga semelhante àquele encontrado na liberação de um único predador. Isto foi observado na liberação combinada de *Orius insidiosus* (Say) e *A. swirskii* ou *O. insidiosus* e *Amblyseius degenerans* (Berlese) para o controle biológico de *F. occidentalis* em roseira (Chow et al., 2010; Chow et al., 2008); e também na liberação dos parasitoides *Encarsia pergandiella* Howard, *Eretmocerus mundus* Mercet e *Encarsia formosa* Gahan para o controle de *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring (Bográn et al., 2002).

Desta maneira, identificar as possíveis interações dentro do complexo predador-presa pode tornar mais fácil o processo de aperfeiçoamento da utilização de dois agentes em conjunto (Walzer et al., 2001; Zhang & Croft, 1995).

Com base no descrito acima, o objetivo de nosso estudo foi: a) avaliar a eficiência da liberação combinada de duas espécies de predadores, *P. macropilis* e *N. californicus* no controle de *T. urticae*; e b) identificar se as interações decorrentes da liberação combinada de *P. macropilis* e *N. californicus* geram efeitos negativos, positivos ou neutros ao controle biológico de *T. urticae*.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Criação dos ácaros

Foram utilizados ácaros oriundos da criação do Laboratório de Acarologia da Universidade Federal de Viçosa (Viçosa, Minas Gerais, Brasil). A espécie fitófaga, *T. urticae*, foi criada em sala climatizada ( $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ;  $70 \pm 10\%$  U.R.; 11L:13E) utilizando plantas de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) como hospedeiro.

As plantas de feijão-de-porco foram produzidas em vasos plásticos (3 L) contendo substrato comercial (Bioplant®, Bioplant Misturadora Agrícola Ltda, Minas Gerais, Brasil). Foram semeados cinco vasos por semana com cinco sementes por vaso. As plantas foram irrigadas duas vezes ao dia (250 ml) e mantidas até os 15 dias após a semeadura em casa de vegetação ( $25 \pm 7^\circ\text{C}$ ;  $70 \pm 20\%$  U.R.; 11L:13E), quando então eram conduzidas para a sala de criação de *T. urticae* (Fig. 1A).

Os ácaros predadores, *P. macropilis* e *N. californicus*, foram criados sobre uma estrutura formada por duas bandejas plásticas (45 x 30 x 9 cm e 53 x 38 x 9 cm). A bandeja menor foi depositada dentro da segunda, que continha uma pequena quantidade de água, servindo como barreira para evitar a fuga dos ácaros (Fig. 1B). As bandejas com sua respectiva espécie foram mantidas em sala climatizada ( $25 \pm 2,0^\circ\text{C}$ ;  $70 \pm 10\%$  U.R.; 11L:13E). Os ácaros predadores foram alimentados com folhas cotiledonares de feijão-de-porco infestadas com ácaros fitófagos oriundas da criação a cada dois dias (três folhas por bandeja) (Fig. 1B).

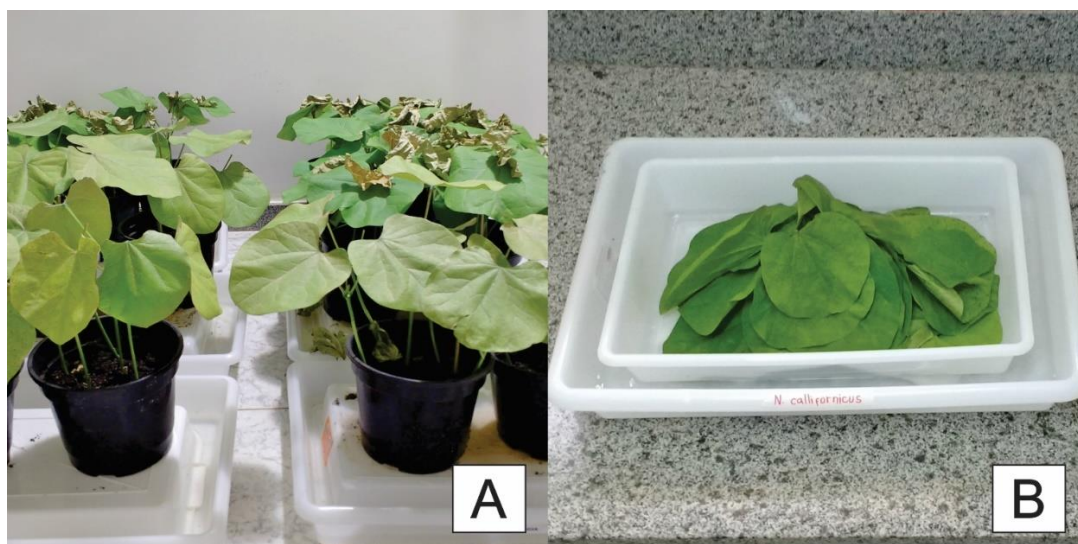


Figura 1. Plantas de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) utilizadas como hospedeiro para a criação da espécie fitófaga *Tetranychus urticae* (A). Criação dos ácaros predadores em bandejas plásticas (B).

Para obter as coorte dos ácaros predadores utilizados nos experimentos, foram coletadas fêmeas adultas de suas respectivas criações e transferidas para recortes de folhas de feijão-de-porco (7,0 x 8,0 cm) infestadas por *T. urticae* (ovos, juvenis e adultos). Esses retângulos foliares foram acomodados sobre uma folha de polipropeno preta (11,0 x 19,0 x 0,03 cm) que havia sido previamente colocada sobre uma esponja embebida em água dentro de uma bandeja plástica (15,5 x 22,0 x 5,0 cm). As extremidades das folhas de polipropeno foram cobertas com lenços de papel úmidos até a borda do recorte da folha vegetal para evitar que os ácaros escapassem das arenas (Fig. 2). Essas arenas foram mantidas em sala climatizada, sob condição tal como descrito previamente. As fêmeas dos predadores foram mantidas nessas arenas por 24 horas para oviposição e posteriormente removidas, deixando apenas os ovos dos predadores e os fitófagos. Após a eclosão, os ácaros predadores foram alimentados três vezes por semana com novas seções de folhas infestadas por ácaro-rajado até os 14 dias, contados a partir da data de oviposição, quando então foram utilizados nos experimentos (*adaptado de Kant et al., 2004*).



Figura 2. Arena plástica utilizada para obter a coorte dos ácaros predadores, mantida em sala climatizada ( $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ;  $70 \pm 10\%$  U.R.; 11L:13E).

## 2.2 Plantas de morango

Foram utilizadas plantas de morango (cultivar “San Andreas”) com três meses de idade transplantadas em vasos plásticos (3 L) contendo substrato comercial (Bioplant®, Bioplant Misturadora Agrícola Ltda, Minas Gerais, Brasil), mantidas em casa de vegetação ( $25 \pm 7^{\circ}\text{C}$ ;  $70 \pm 20\%$  U.R.; 11L:13E) e livres de pesticidas. As plantas foram fertilizadas com sulfato de amônio (21% de nitrogênio; 0,83 g/vaso) e cloreto de potássio (60% de cloreto de potássio; 0,42 g/vaso) a cada quinze dias e com N-P-K (03-17-00; 6 g/vaso) a cada trinta dias (Ribeiro et al., 1999). As plantas foram irrigadas duas vezes ao dia (250 ml).

### 2.3 Dinâmica populacional de *T. urticae*, *N. californicus* e *P. macropilis* em plantas de morango em casa de vegetação

Foi avaliado o efeito da dinâmica populacional de *N. californicus* e *P. macropilis* liberados em conjunto para o controle de *T. urticae*. Plantas de morango com três folhas compostas totalmente desenvolvidas ( $n = 80$ ) foram infestadas com 50 fêmeas de *T. urticae* (com a ajuda de pincel e lupa) e mantidas em casa de vegetação dentro de gaiolas de tecido organza (150 x 120 x 80 cm). As gaiolas foram posicionadas ao acaso dentro da casa de vegetação, elevadas em relação ao solo ( $h = 100$  cm) por bancada metálica. Cada gaiola continha plantas correspondentes a um único tratamento. Dentro das gaiolas, as plantas foram suspensas sob plataforma plástica dentro de bandejas (53 x 38 x 9 cm) contendo solução de água + água sanitária, para manter as plantas individualizadas e evitar possíveis contaminações (Fig. 3).



Figura 3. Plantas de morango, suspensas sob plataforma dentro de bandejas (53 x 38 x 9 cm) contendo solução de água + água sanitária (A). Liberação dos predadores em plantas previamente infestadas com *T. urticae*, em casa de vegetação (B).

Sete dias após a infestação com *T. urticae*, foram selecionadas ao acaso quatro plantas de morango por tratamento e contabilizado o número de indivíduos por planta. Para tal, todas as folhas das plantas selecionadas foram removidas e levadas à lupa para contabilizar os diferentes estágios de desenvolvimento (ovos, jovens e adultos). Nesta mesma data, foram liberadas quatro fêmeas acasaladas dos ácaros predadores por planta, respeitando os seguintes tratamentos: T1) *N. californicus*; T2) *P. macropilis*; T3) *N. californicus* + *P. macropilis* e T4) controle (sem predador), sendo que no tratamento T3 foram liberadas duas fêmeas de cada espécie (Fig. 4).

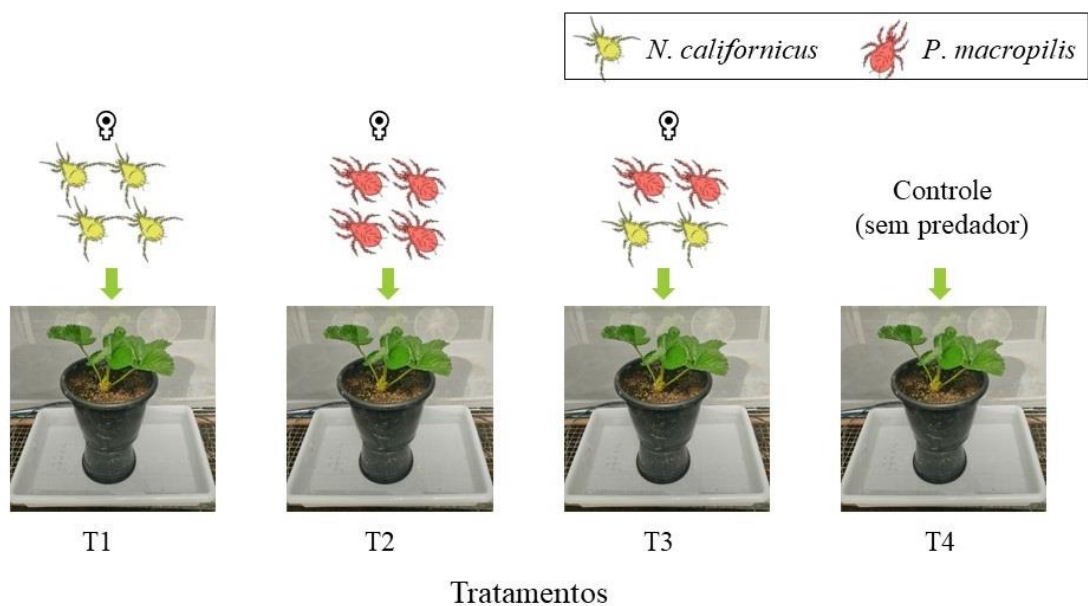


Figura 4. Esquema dos tratamentos avaliados no experimento em casa de vegetação: T1) liberação de *N. californicus*; T2) *P. macropilis*; T3) *N. californicus* + *P. macropilis* e T4) controle (sem liberação de predador).

Após a liberação dos predadores, foram realizadas avaliações a cada sete dias de forma destrutiva, como descrito anteriormente, para contabilizar o número de indivíduos (ovos, jovens e adultos) tanto da praga como dos predadores. Foram

realizadas avaliações durante cinco semanas, avaliando-se quatro plantas por cada tratamento em cada semana.

#### **2.4 Taxa de oviposição de *N. californicus* e *P. macropilis* quando liberados em conjunto em diferentes proporções em ambiente com abundância de presas**

Foram realizados experimentos para testar se a liberação combinada das espécies *P. macropilis* e *N. californicus* pode interferir na taxa de oviposição das mesmas. Para isto, discos de folhas de morango foram recortados ( $\varnothing = 3,0$  cm) e fixados em placas de Petri (6,0 x 1,5 cm) contendo solução recém-preparada de ágar (1 %,  $h = 1,0$  cm). O disco de folha foi fixado com a face abaxial voltada para cima. Quando a solução de água + ágar se solidificou, o contorno do disco foi recortado e preenchido com água até a altura da borda do disco de folha, criando-se uma barreira com o fim de se evitar a fuga dos ácaros (Fig. 5).

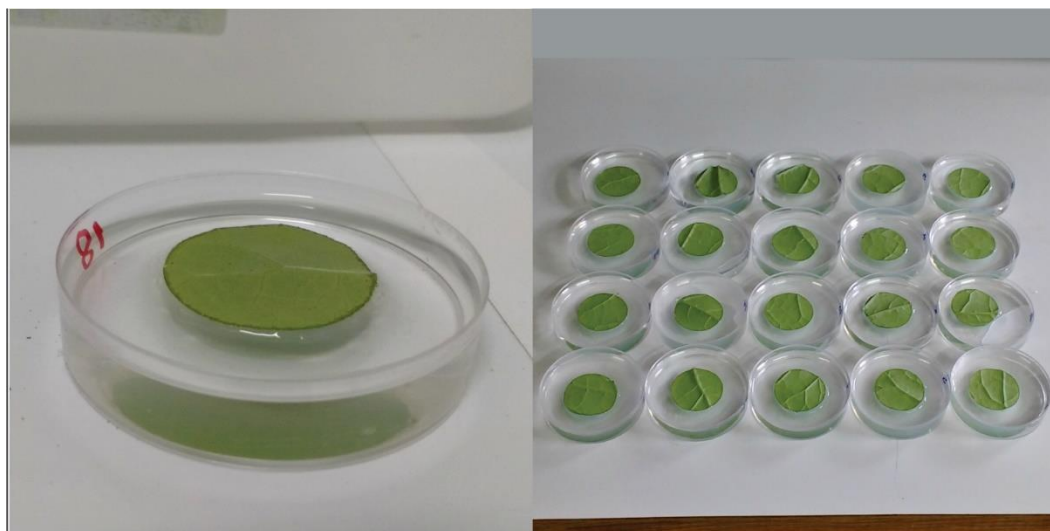


Figura 5. Arenas utilizadas nos experimentos de oviposição em laboratório, mantidas em sala climatizada ( $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ;  $70 \pm 10\%$  U.R.; 11L:13E).

Em cada uma dessas arenas foram liberadas 20 fêmeas adultas e acasaladas de *T. urticae*. Após um período de 48 horas, as fêmeas foram removidas e os ovos depositados serviram como fonte de alimento para as espécies predadoras durante o período experimental. Posteriormente, fêmeas predadoras adultas e acasaladas com 14 dias desde o ovo foram liberadas nos discos de acordo com os respectivos tratamentos: proporções de 1:1 (T1), 1:2 (T2), 2:1 (T3), 1:0 (T4) e 0:1 (T5) indivíduos de *N. californicus* e *P. macropilis*, respectivamente (Fig. 6). As duas últimas proporções representam os tratamentos controle. Foram realizadas 15 repetições por tratamento. As avaliações foram realizadas a cada 24 horas após à liberação dos predadores nos discos, durante cinco dias, com contagem do número de ovos depositados por fêmea predadora em cada tratamento.

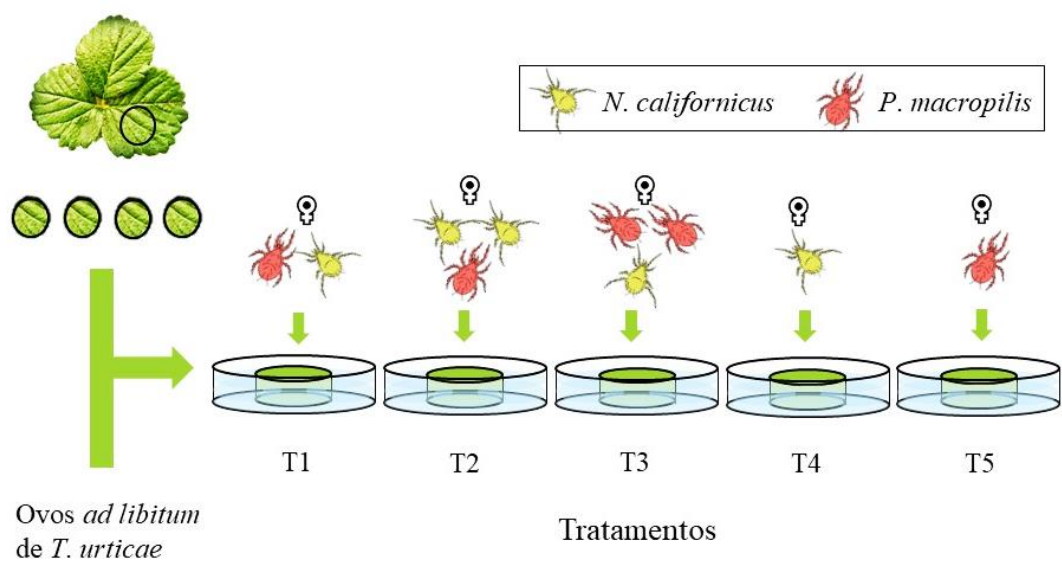


Figura 6. Esquema dos tratamentos avaliados no experimento com liberação de ácaros predadores em diferentes proporções e com ampla disponibilidade de alimento. T1) 1:1, T2) 1:2, T3) 2:1, T4) 1:0, e T5) 0:1 indivíduos de *N. californicus* e *P. macropilis*, respectivamente.

## **2.5 Taxa de oviposição de *N. californicus* e *P. macropilis* quando liberados em conjunto em função da disponibilidade de alimento**

Foram realizados experimentos para se avaliar como a disponibilidade de alimento pode afetar a taxa de oviposição de *N. californicus* e *P. macropilis* quando liberados em conjunto. Foram utilizadas arenas semelhantes àquelas descritas no experimento anterior, mas desta vez a quantidade de ovos de *T. urticae* foi padronizada (removendo-se cuidadosamente os ovos excedentes com a ajuda de um pincel), para atender os seguintes tratamentos: 20 ovos/dia (T1); 40 ovos/dia (T2); 80 ovos/dia (T3); representando baixa, média e alta disponibilidade de alimento, respectivamente. A disponibilidade de alimento oferecida foi determinada tomando como referência os resultados encontrados para a taxa de predação de *P. macropilis* quando alimentados com ovos de *T. urticae* (Oliveira et al., 2007). O tratamento controle foi composto por ovos *ad libitum* de *T. urticae* (T4). Cada tratamento foi composto por 15 repetições. Em cada disco de folha foi liberada uma fêmea adulta acasalada de cada uma das espécies na proporção 1:1 (Fig. 7). Foram realizadas avaliações a cada 24 horas durante cinco dias a partir da liberação dos predadores nos discos e contou-se o número de ovos depositados por fêmea. Após cada avaliação, os predadores foram transferidos para novas arenas e forneceu-se a mesma quantidade de ovos/dia de *T. urticae*.

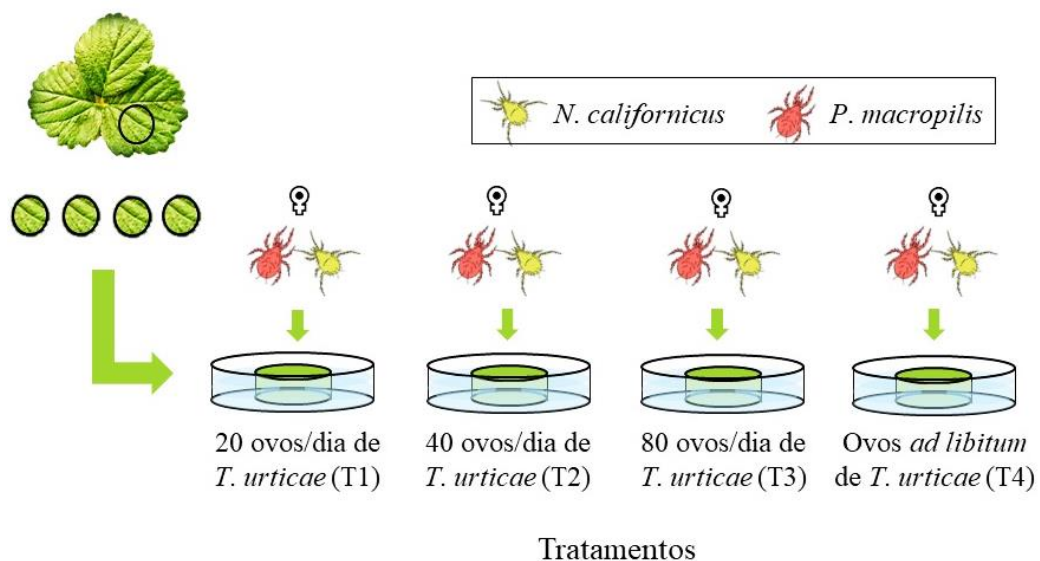


Figura 7. Esquema dos tratamentos avaliados no experimento com liberação combinada de ácaros predadores em função da disponibilidade de alimento. T1) 20 ovos/dia, T2) 40 ovos/dia, T3) 80 ovos/dia, e T4) ovos *ad libitum* de *T. urticae*.

### 2.6 Taxa de oviposição de *N. californicus* e *P. macropilis* quando liberados em conjunto em ambiente com baixa disponibilidade de alimento

Devido aos resultados obtidos nos experimentos anteriores, este experimento foi elaborado objetivando-se avaliar como a taxa de oviposição dos ácaros predadores pode ser afetada quando liberados em conjunto em ambiente com baixa disponibilidade de alimento (ovos de *T. urticae*). As arenas e metodologia de avaliação empregadas foram idênticas ao experimento anterior. Foram utilizadas diferentes disponibilidades de alimento: a) 10 ovos/dia (T1), cada arena contendo apenas um indivíduo de cada espécie predadora; b) 20 ovos/dia (T2), contendo dois indivíduos, um de cada espécie liberada na mesma arena, mantendo a relação de 10 ovos para cada indivíduo predador; e c) ovos *ad libitum* (T3), com cada arena contendo um indivíduo de uma única espécie predadora, correspondendo ao tratamento controle. Cada tratamento foi composto por 15 repetições (Fig. 8).

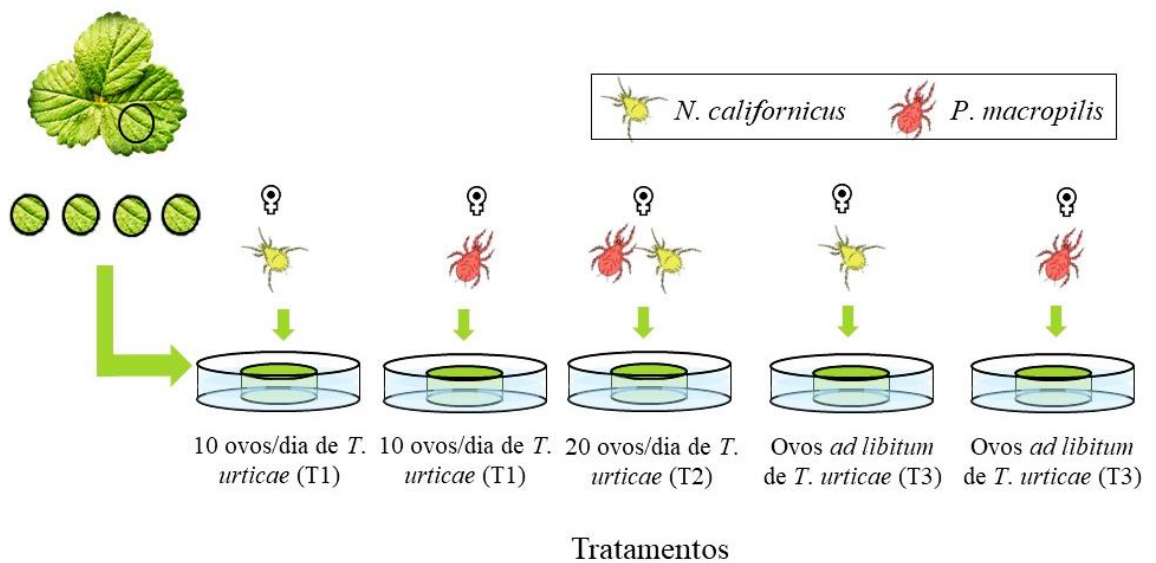


Figura 8. Esquema dos tratamentos avaliados no experimento onde se avaliou a taxa de oviposição dos ácaros predadores liberados em conjunto em ambiente com baixa disponibilidade de alimento. T1) 10 ovos/dia de *T. urticae*, cada arena contendo apenas um indivíduo de cada espécie predadora; T2) 20 ovos/dia de *T. urticae*, contendo dois indivíduos, um de cada espécie liberada na mesma arena; T3) ovos *ad libitum* de *T. urticae*, com cada arena contendo um indivíduo de uma única espécie predadora, correspondendo ao tratamento controle.

## 2.7 Análise estatística

No experimento em casa de vegetação, o número de *T. urticae*, *N. californicus* e *P. macropilis* (ovos, jovens e adultos) de cada avaliação foram transformados em  $(\log + 1)$  e analisados através de um modelo linear (LME). Para se avaliar o contraste de médias foi utilizado o pacote “lsmeans” (Lenth, 2016) do software estatístico R (R-Development-Core-Team, 2014).

Nos experimentos em laboratório, o número de ovos de cada tratamento foi analisado através de um modelo linear generalizado (GLM) com distribuição de Quasipoisson. Para o contraste de médias foi utilizado o pacote “lsmeans” (Lenth, 2016) do software estatístico R (R-Development-Core-Team, 2014). Todas as análises foram realizadas utilizando o software estatístico R (R-Development-Core-Team, 2014).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Dinâmica populacional de *T. urticae*, *N. californicus* e *P. macropilis* em plantas de morango em casa de vegetação

##### 3.1.1 Dinâmica populacional de *T. urticae*

O número de *T. urticae* por planta diferiu significativamente entre os tratamentos a partir dos 14 dias após a liberação dos predadores (LME,  $\chi^2 = 0,48$ ;  $df = 3$ ;  $p < 0,05$ ). Nesta avaliação, o número de fitófagos (ovos, jovens e adultos) diferiu significativamente entre o tratamento com liberação de *P. macropilis* e tratamento controle, com 6955 ( $\pm 981$ ) e 13044 ( $\pm 2407$ ) indivíduos, respectivamente. Ainda nesta mesma data, os tratamentos onde foram liberados *N. californicus* e de liberação combinada (*P. macropilis* + *N. californicus*) não diferiram entre si, nem dos demais tratamentos, com 7155 ( $\pm 1199$ ) e 7587 ( $\pm 1696$ ) indivíduos, respectivamente (Fig. 9).

Aos 21 dias após a liberação dos predadores, o tratamento que apresentou a menor quantidade de fitófagos foi o com liberação de *P. macropilis*, 427 ( $\pm 180$ ), seguido daquele onde foi liberado *N. californicus*, 702 ( $\pm 210$ ) (LME,  $\chi^2 = 10,51$ ;  $df = 3$ ;  $p < 0,001$ ). Nesta mesma avaliação, os tratamentos com liberação combinada e controle apresentaram uma maior quantidade de *T. urticae*, 5733 ( $\pm 1473$ ) e 4936 ( $\pm 331$ ) indivíduos respectivamente, e não diferiram entre si (Fig. 9).

Na última avaliação, aos 28 dias após a liberação dos predadores, os tratamentos com liberação de *N. californicus*, *P. macropilis* e de liberação combinada não diferiram significativamente entre si, apresentando 119 ( $\pm 34$ ), 21 ( $\pm 18$ ) e 73 ( $\pm 26$ ) indivíduos de *T. urticae*, respectivamente; diferindo do tratamento controle, 2994 ( $\pm 904$ ) indivíduos (LME,  $\chi^2 = 10,78$ ;  $df = 3$ ;  $p < 0,001$ )

(Fig. 9). Uma visão geral das plantas de cada tratamento ao final do experimento pode ser observada na Fig. 10.

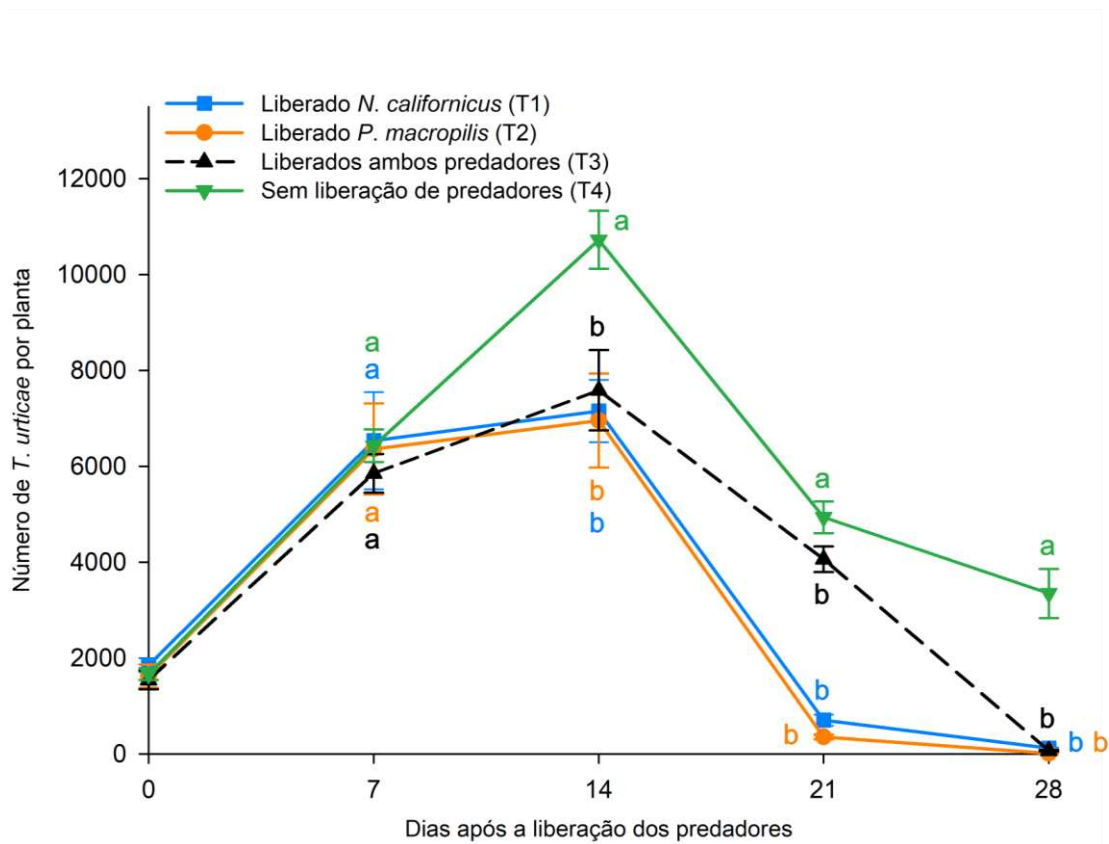


Figura 9. Dinâmica populacional de *Tetranychus urticae* (ovos, jovens e adultos) em plantas de morango, em função do tempo (dias) e da liberação de: *Neoseiulus californicus* (T1); *Phytoseiulus macropilis* (T2); liberação combinada de ambos os predadores (T3); e sem liberação de predadores, tratamento controle (T4). Letras diferentes indicam uma diferença significativa entre os tratamentos na referida data de avaliação (contraste após LME;  $p < 0,05$ ).

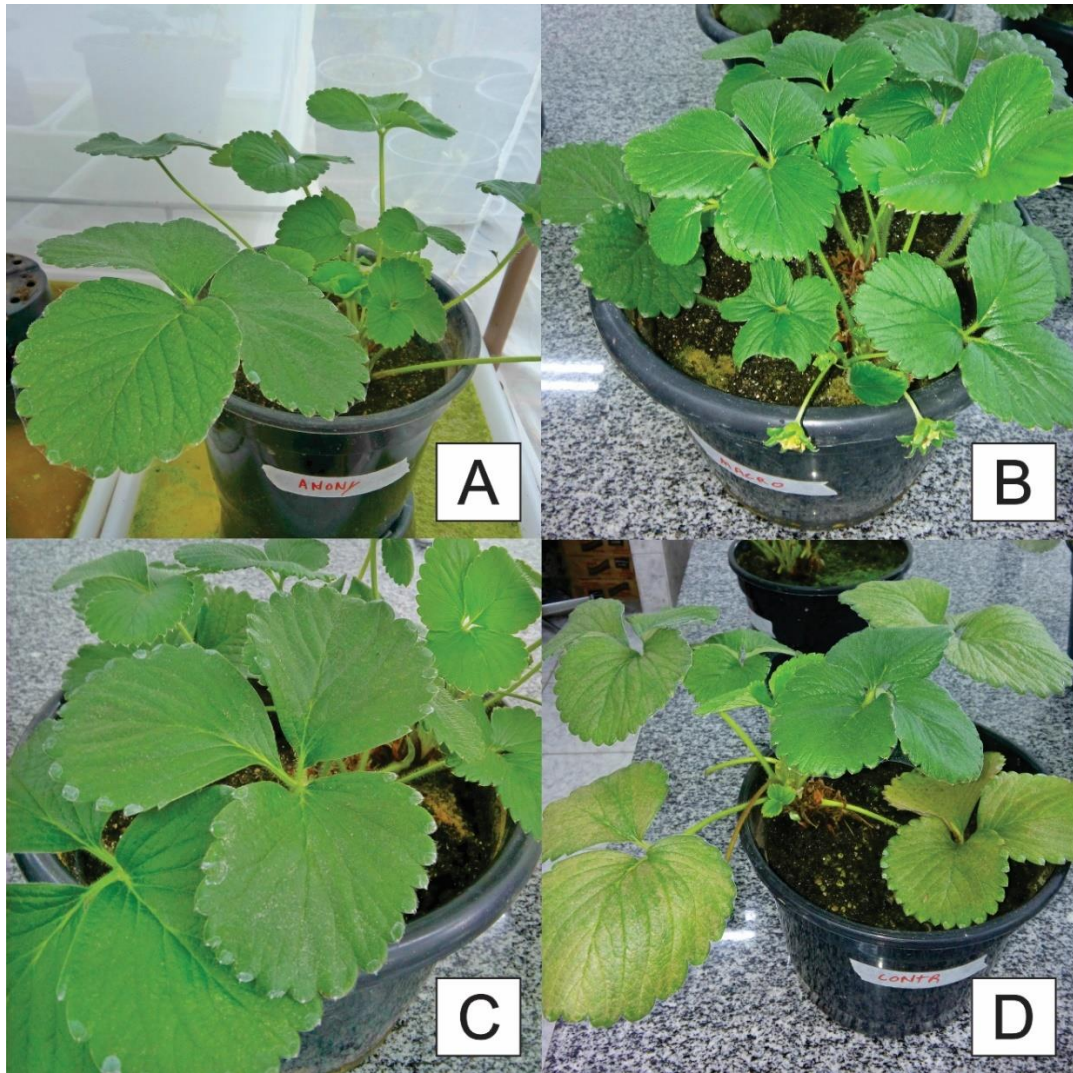


Figura 10. Visão geral das plantas de morango previamente infestadas com *Tetranychus urticae* ao final do experimento em casa de vegetação, em função da liberação, ou não, de ácaros predadores. Liberação de *Neoseiulus californicus* (A); liberação de *Phytoseiulus macropilis* (B); liberação combinada de ambos os predadores (C); e tratamento controle, sem liberação de predadores (D).

### 3.1.2 Dinâmica populacional de *N. californicus* e *P. macropilis*

As populações de predadores diferiram entre si a partir do sétimo dia após a sua liberação nas plantas (LME,  $\chi^2 = 0,10$ ;  $df = 2$ ;  $p < 0,001$ ). Nesta avaliação, os tratamentos com liberação de *P. macropilis* e liberação combinada não diferiram entre si, apresentando  $51 (\pm 4,9)$  e  $38 (\pm 1,6)$  indivíduos respectivamente, diferindo significativamente daquele onde foi liberado *N. californicus*, com  $21 (\pm$

3,4) indivíduos (LME,  $\chi^2 = 0,10$ ;  $df = 2$ ;  $p < 0,001$ ). Este padrão foi observado também aos 14 e 21 dias após sua liberação (LME,  $\chi^2 = 0,70$ ;  $df = 2$ ;  $p < 0,001$ ) e (LME,  $\chi^2 = 1,03$ ;  $df = 2$ ;  $p < 0,001$ ), respectivamente (Fig. 11).

Na última avaliação, aos 28 dias após a liberação dos predadores, o tratamento de liberação combinada apresentou uma maior população de ácaros predadores com 161,5 ( $\pm 31$ ) indivíduos (LME,  $\chi^2 = 1,63$ ;  $df = 2$ ;  $p < 0,001$ ). Nesta avaliação, os tratamentos com liberação de *N. californicus* e de *P. macropilis* não diferiram entre si com 14 ( $\pm 1,6$ ) e 20 ( $\pm 10$ ) indivíduos, respectivamente (Fig. 11).

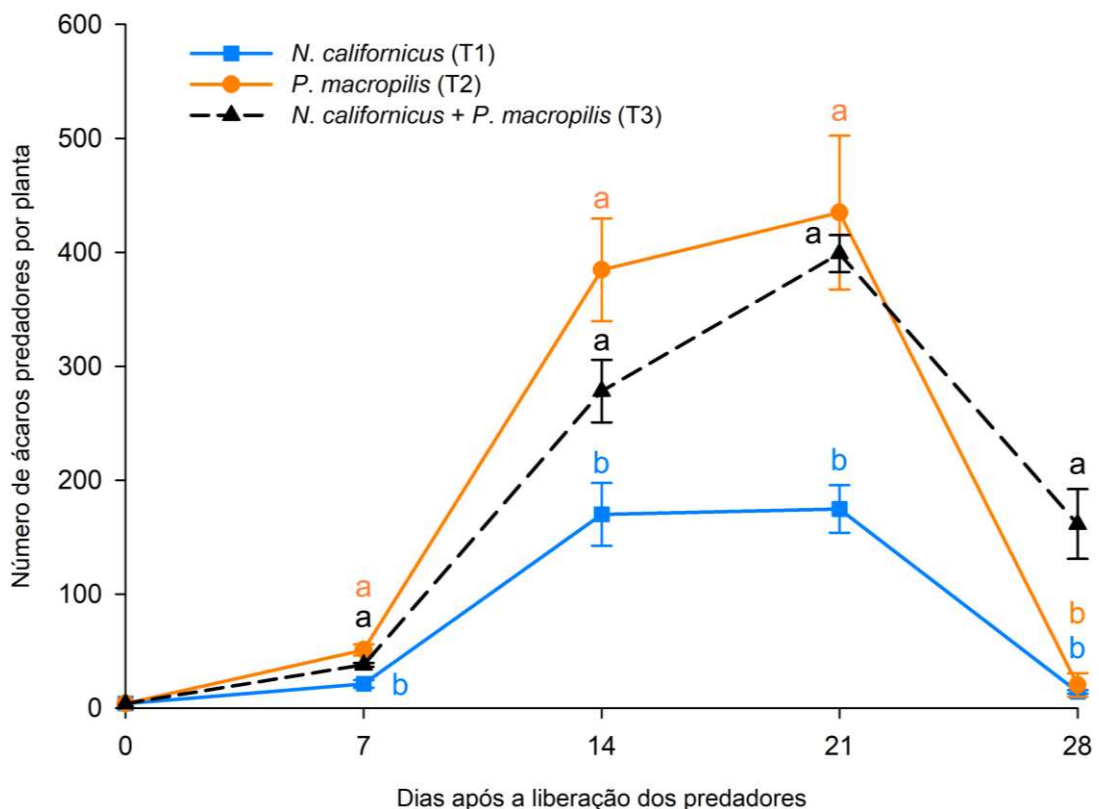


Figura 11. Dinâmica populacional de *Neoseiulus californicus* (T1), *Phytoseiulus macropilis* (T2) e população combinada de ambos os predadores (T3) em plantas de morango inicialmente infestadas com *Tetranychus urticae* em função do tempo (dias). Letras diferentes indicam uma diferença significativa entre os tratamentos na referida data de avaliação (contraste após LME;  $p < 0,05$ ).

No tratamento com liberação combinada dos predadores, a população de *P. macropilis* foi maior do que a de *N. californicus* a partir do sétimo dia após a liberação (LME,  $\chi^2 = 0,09$ ;  $df = 1$ ;  $p < 0,001$ ). Este padrão se manteve ao longo das avaliações subsequentes (Fig. 12).

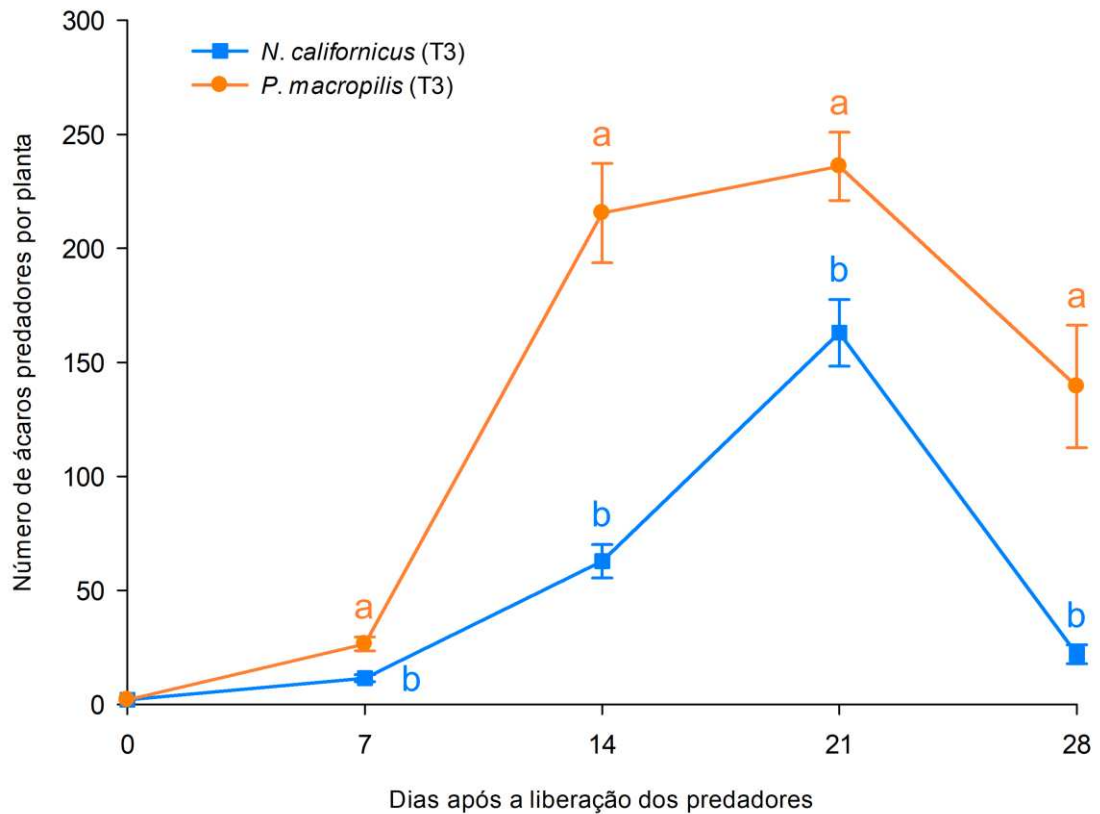


Figura 12. Dinâmica populacional de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis* no tratamento onde foram liberados em conjunto (T3), em função do tempo (dias), em plantas de morango inicialmente infestadas com *Tetranychus urticae*. Letras diferentes indicam uma diferença significativa entre os tratamentos na referida data de avaliação (contraste após LME;  $p < 0,05$ ).

### 3.2. Taxa de oviposição de *N. californicus* e *P. macropilis* quando liberados em conjunto em diferentes proporções em ambiente com abundância de presas

Não existiu diferença significativa na taxa de oviposição de ambas as espécies de ácaros predadores, quando estas foram liberadas em conjunto em diferentes proporções em ambiente com abundância de alimento (GLM,  $F = 0,24$ ;  $df = 3$ ;  $p > 0,05$ ) e (GLM,  $F = 0,99$ ;  $df = 3$ ;  $p > 0,05$ ). A média de ovos por indivíduo/dia foi de  $2,4 (\pm 0,04)$  para *N. californicus* e  $3,1 (\pm 0,06)$  ovos/dia para *P. macropilis* (Fig. 13).

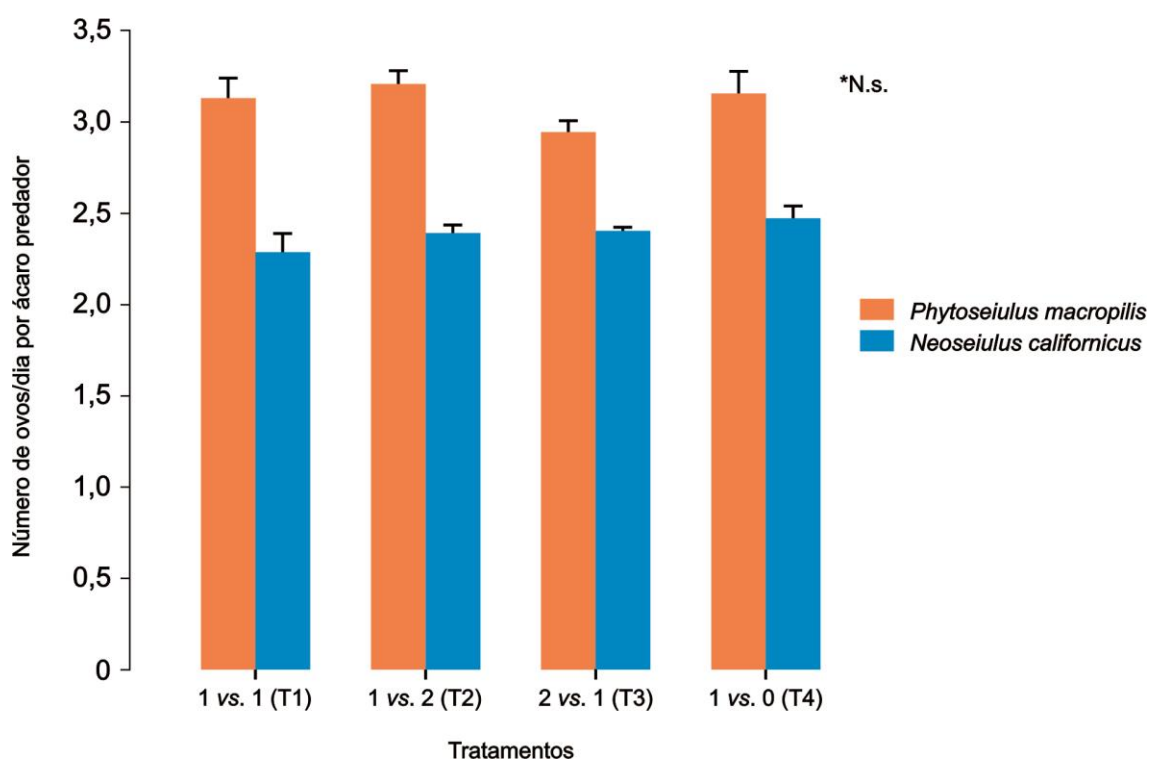


Figura 13. Número de ovos/dia (média  $\pm$  desvio padrão) depositados por *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis*, com ampla disponibilidade de alimento (*ad libitum*) e em função das seguintes proporções populacionais: 1:1 (T1); 1:2 (T2); 2:1 (T3); e controle (T4), contendo um único indivíduo da espécie predadora correspondente ( $25 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ ;  $70 \pm 10\%$  U.R.; 11L:13E).

\* Diferença não significativa entre os tratamentos para *P. macropilis* e *N. californicus* avaliados separadamente (contraste após GLM;  $p > 0,05$ ).

### **3.3. Taxa de oviposição de *N. californicus* e *P. macropilis* quando liberados em conjunto em função da disponibilidade de alimento**

Foi observado diferenças significativas na oviposição das duas espécies de ácaros predadores, *N. californicus* e *P. macropilis*, apenas no tratamento onde foi oferecido 20 ovos/dia de *T. urticae*, (GLM,  $F = 9,52$ ;  $df = 3$ ;  $p < 0,001$ ) e (GLM,  $F = 16,55$ ;  $df = 3$ ;  $p < 0,001$ ), respectivamente. Neste tratamento, *N. californicus* e *P. macropilis* ovipositaram  $2,0 (\pm 0,1)$  e  $2,6 (\pm 0,1)$  ovos/dia, respectivamente. Os tratamentos de *N. californicus* com 40 ovos/dia, 80 ovos/dia e *ad libitum* não apresentaram diferenças significativas (GLM,  $F = 0,36$ ;  $df = 2$ ;  $p > 0,05$ ). A oviposição média foi de  $2,4 (\pm 0,1)$ ,  $2,5 (\pm 0,1)$  e  $2,5 (\pm 0,1)$  ovos/dia, respectivamente. Por outro lado, a oviposição de *P. macropilis* não diferiu significativamente (GLM,  $F = 0,46$ ;  $df = 2$ ;  $p > 0,05$ ). Este ácaro predador ovipositou uma média de  $3,3 (\pm 0,1)$ ,  $3,4 (\pm 0,1)$  e  $3,2 (\pm 0,1)$  ovos/dia nos tratamentos com 40 ovos/dia, 80 ovos/dia e ovos *ad libitum* (controle), respectivamente (Fig. 14).

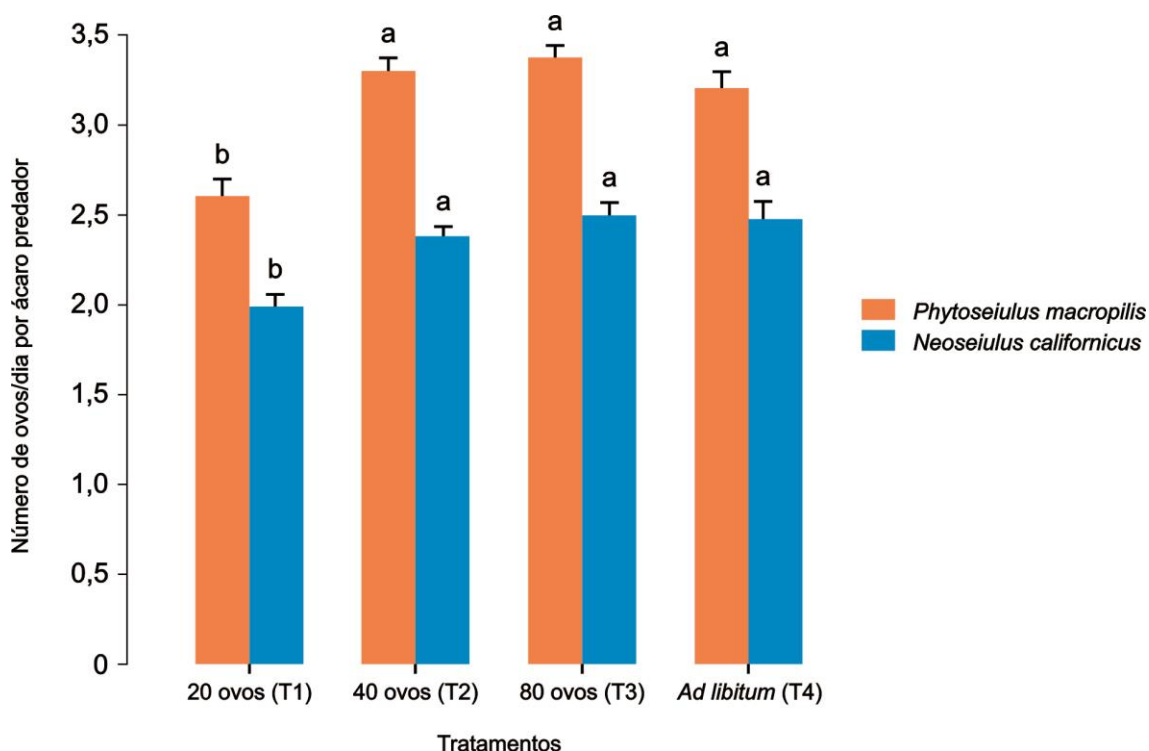


Figura 14. Número de ovos/dia (média  $\pm$  desvio padrão) depositados pelos ácaros predadores, *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis* liberados em conjunto, em função de diferentes densidades de ovos de *T. urticae*: T1) 20 ovos/dia, T2) 40 ovos/dia, T3) 80 ovos/dia, e T4) ovos *ad libitum*, em discos de folha de morango ( $25 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ ;  $70 \pm 10\%$  U.R.; 11L:13E). Barras com letras diferentes indicam uma diferença significativa entre os tratamentos para *P. macropilis* e *N. californicus* avaliados separadamente (contraste após GLM;  $p < 0,05$ ).

### 3.4. Taxa de oviposição de *N. californicus* e *P. macropilis* quando liberados em conjunto em ambiente com baixa disponibilidade de alimento

Houve diferenças significativas na oviposição de *P. macropilis* e *N. californicus* entre os diferentes tratamentos (GLM,  $F = 98,38$ ;  $df = 2$ ;  $p < 0,001$ ) e (GLM,  $F = 24,13$ ;  $df = 2$ ;  $p < 0,001$ ), respectivamente. Para *N. californicus*, a maior taxa de oviposição foi observada no tratamento onde foi oferecido ovos *ad libitum* de *T. urticae*,  $2,8 (\pm 0,1)$  ovos/dia; intermediária quando se encontrava sozinho e oferecida apenas 10 ovos/dia,  $2,0 (\pm 0,1)$  ovos/dia; e menor quando o predador encontrava-se junto com *P. macropilis* e com 20 ovos da presa,  $1,6 (\pm 0,1)$

ovos/dia. Por sua vez, a maior taxa de oviposição *P. macropilis* foi observada no tratamento onde foi oferecido ovos *ad libitum* de *T. urticae* 3,1 ( $\pm$  0,1); intermediária quando o predador encontrava-se junto com *N. californicus* e com 20 ovos da presa, 2,6 ( $\pm$  0,1); e menor quando se encontrava sozinho e oferecida apenas 10 ovos/dia, 2,0 ( $\pm$  0,1) ovos/dia (Fig. 15).

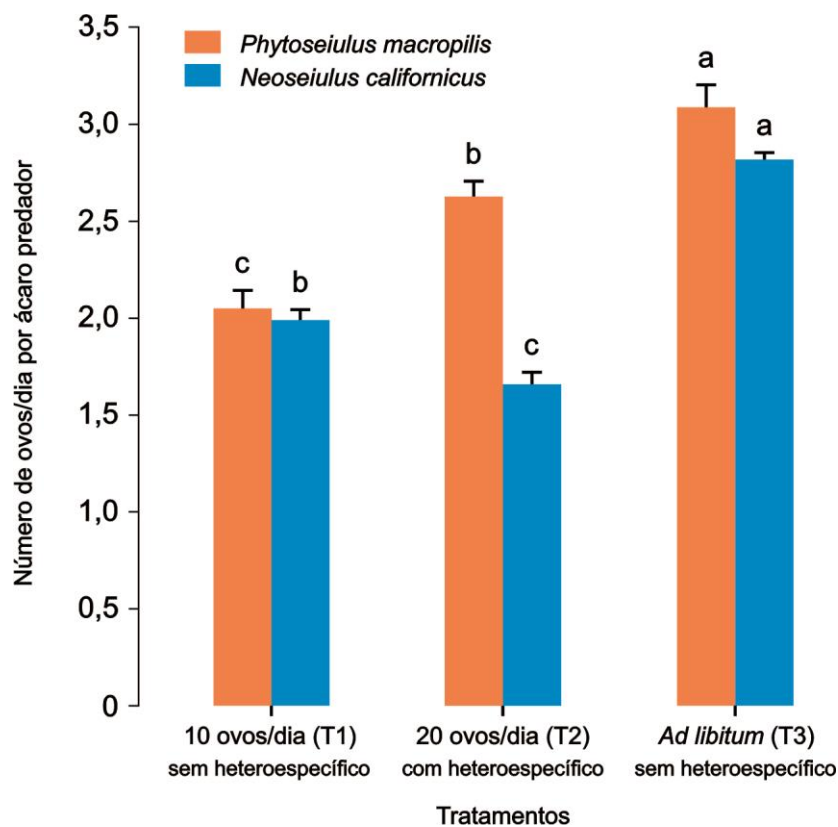


Figura 15. Número de ovos/dia (média  $\pm$  desvio padrão) depositados pelos ácaros predadores, *N. californicus* e *P. macropilis*, em função da disponibilidade de alimento e da presença ou não de seu heteroespecífico. Os tratamentos avaliados foram constituídos de: T1) 10 ovos/dia, cada arena contendo apenas um indivíduo de uma única espécie predadora; T2) 20 ovos/dia, contendo dois indivíduos, um de cada espécie liberada na mesma arena; e T3) ovos *ad libitum* de *T. urticae*, com cada arena contendo um único indivíduo da respectiva espécie predadora, correspondendo ao tratamento controle ( $25 \pm 1,0^\circ\text{C}$ ;  $70 \pm 10\%$  U.R.; 11L:13E). Barras com letras diferentes indicam uma diferença significativa entre os tratamentos para *P. macropilis* e *N. californicus* avaliados separadamente (contraste após GLM;  $p < 0,05$ ).

#### 4. DISCUSSÃO

Como demonstrado em outros trabalhos, a liberação de *N. californicus* ou *P. macropilis* é eficaz no controle de *T. urticae* na cultura do morango (Easterbrook et al., 2001; Oliveira et al., 2009; Oliveira et al., 2007; Rhodes et al., 2006). Contudo, neste estudo observamos que a liberação combinada prorrogou a supressão da população de *T. urticae* em relação a liberação individualizada de qualquer uma das espécies predadoras. Em primeiro momento, esse resultado é contrário à hipótese da utilização de duas espécies de diferentes hábitos alimentares em conjunto, generalistas e especialistas, visando complementar a performance dos agentes utilizados (Chang & Kareiva, 1999; Sunderland et al., 1997). No entanto, a população de predadores liberada em conjunto persistiu em maior quantidade nas plantas ao final do experimento, enquanto que os indivíduos dos tratamentos com liberação individualizada se evadiram, deixando as plantas susceptíveis para novas infestações por *T. urticae*. Muito embora, este fato está ligado a disponibilidade de presas por um maior período de tempo.

A utilização de ácaros generalistas no controle biológico é impulsionada pela maior persistência de sua população em relação ao especialista (McMurtry & Croft, 1997; Muñoz-Cárdenas et al., 2014; Van Houten & Van Stratum, 1995). Porém é preciso que exista alguma fonte alimentar alternativa a presa alvo, como o pólen, para assegurar a persistência dessa população (Delisle et al., 2015b; Marques et al., 2015; McMurtry & Croft, 1997; Messelink et al., 2008). Aqui, as plantas de morango produziram flores, mas essas não aparentam disponibilizar pólen em quantidade suficiente para manter o predador generalista na liberação individual persistindo nas plantas ao final do experimento em casa de vegetação, conforme pode ser observado nas Fig. 11 e Fig. 12.

Até o momento, estudos têm encontrado resultados contraditórios na liberação combinada de ácaros predadores. Por exemplo, a liberação combinada foi demonstrada como uma opção viável no controle de *T. cinnabarinus* em gérbera em casa de vegetação (Schausberger & Walzer, 2001). Enquanto que, outros estudos também apontaram uma perda da eficiência de controle na liberação combinada em relação à liberação de forma individual, tal como observado na liberação de *P. persimilis* e *N. californicus* no controle de *T. urticae* (Rhodes et al., 2006). Apesar da redução da eficiência observada neste último exemplo, a população praga foi controlada, tal como observado aqui neste estudo.

A redução da população dos fitófagos foi diretamente influenciada pela presença dos predadores em seus respectivos tratamentos. No entanto, a redução observada no tratamento sem liberação de predador entre os dias 14 e 21 após o início do experimento, indica que a população praga excedeu a capacidade de suporte das plantas, resultando na escassez de recurso e consequente redução da população praga. Esta redução foi abrupta o suficiente para tornar o tratamento controle e o de liberação combinada semelhantes estatisticamente na avaliação aos 21 dias após a liberação dos predadores. Porém, ao final do experimento as plantas apresentavam uma nítida diferença visual referente aos danos causados pela praga, como observado na Fig. 10, embora esse dano não tenha sido mensurado.

A velocidade inicial de supressão da população praga foi inferior na liberação combinada em relação à liberação individualizada de *P. macropilis* e *N. californicus*, mesmo com o número de indivíduos predadores sendo semelhante ao primeiro e maior que o último. Desta maneira, a causa da perda de eficiência de controle não está relacionada ao número de indivíduos predadores, mas

provavelmente está ligada as interações entre as populações dos predadores. Neste sentido, as interações que podem gerar resultados negativos para o controle biológico estão ligadas a competição interespecífica ou predação intraguilda (Begon et al., 1996; Polis et al., 1989). Nossos resultados observados em laboratório demonstraram que não existe prejuízo entre as espécies de predadores liberadas em conjunto, desde que exista alimento em abundância, Fig. 13. Porém, em ambiente com baixa disponibilidade de presas, a taxa de oviposição de *N. californicus* é afetada negativamente pela presença de seu heteroespecífico, e o oposto ocorre com *P. macropilis*, Fig. 15. Os ácaros predadores quando liberados em conjunto podem interagir através do uso do recurso disponível, o que pode reduzir o sucesso de forrageamento de uma das espécies concorrentes (Milinski & Parker, 1991; Pianka, 1974), provocando a consequente alteração da taxa de oviposição de ambas as espécies em ambiente com baixa disponibilidade de alimento.

Em geral, em ambiente com escassez de presas a espécie mais competitiva se sobressai (Tilman, 1982). Neste sentido, *P. macropilis* é reconhecido por ser um predador voraz e especialista em *T. urticae*, enquanto *N. californicus* possui hábito alimentar generalista, sendo considerado um predador seletivo de *T. urticae* (McMurtry & Croft, 1997; Oliveira et al., 2007). Assim, a maior rapidez no aproveitamento do recurso pelo especialista fez com que o generalista fosse prejudicado em ambiente com alimento escasso.

Desta maneira, a população de *N. californicus* em desvantagem pela competição por presas declinaria em primeiro momento a partir da escassez da população praga, enquanto *P. macropilis* conseguiria aproveitar melhor o recurso e manter sua população até um ponto crítico temporalmente mais à frente. Isso

pode ser observado entre os 21 e 28 dias após a liberação dos predadores, onde a população de *N. californicus* declinou drasticamente em comparação a de *P. macropilis*, 91% e 41%, respectivamente (Fig. 9). Porém, a partir da indisponibilidade de presas, o especialista se extinguiria e o generalista remanescente continuaria habitando as plantas, desde que exista alguma fonte alimentar alternativa a *T. urticae*.

A relação positiva entre múltiplos inimigos naturais para a supressão de presas resultam do uso de recursos complementares pelos predadores, e ocorrem quando essas conseguem dividir o recursos e/ou se potencializar (Straub & Snyder, 2008). Assim, uma alternativa que pode ser considerada para a liberação combinada é a adição de algum recurso alimentar complementar para o sistema. Uma fonte de recurso que vem sendo estudada recentemente é o oferecimento de pólen, como fonte alternativa ou suplemento alimentar ao sistema, em conjunto da liberação de uma espécie predadora generalista (Delisle et al., 2015a; Duarte et al., 2015). Além de oferecer uma maior quantidade de alimento, a presença de alimentos alternativos pode proporcionar aos predadores uma dieta melhor do que um único alimento, o que leva a maiores densidades de predadores e a um melhor controle biológico (Messelink et al., 2008; Rezende et al., 2014). Além disso, com a disponibilização de pólen é esperada uma menor concorrência por recursos, diminuindo os resultados negativos gerados pela competição por presas entre os predadores, o que elevaria a eficiência dos mesmos.

Neste sentido, resultados favoráveis ao controle biológico foram observados ao disponibilizar pólen para *N. californicus*, onde este respondeu com maior eficiência supressão de *T. urticae* em plantas de morango (Vacacela, H.E. *dados em processo de publicação*). Desta forma, a adição de pólen ao sistema poderia

ser uma estratégia útil para diminuir a competição interespecífica, elevar a eficiência e conseqüente melhoria do controle biológico. No entanto, estudos precisam ser realizados para testar a adição de pólen junto com a liberação combinada, pois existe a possibilidade dos predadores generalistas se saciarem ao consumirem um alimento alternativo, o que pode acarretar na redução da taxa de predação sob a espécie praga alvo (Abrams & Matsuda, 1996; Messelink et al., 2008; R D Holt & Lawton, 1994; van Maanen et al., 2012).

Por outro lado, *N. californicus* foi considerado um predador intraguildd agressivo sob outra espécie do gênero *Phytoseiulus*, *P. persimilis*, apresentando altas taxas de predação sob o mesmo (Walzer et al., 2001; Walzer & Schausberger, 1999). Adicionalmente, foi demonstrado que pode haver predação intraguildd em fases de desenvolvimento específicas entre *N. californicus* e *P. macropilis* em situação de ausência de presas (Porto, 2017). De fato, a predação intraguildd pode influenciar a coexistência de espécies predadoras e afetar o controle biológico (Vance-Chalcraft et al., 2007). Em teoria, a predação intraguildd pode levar ao aumento, diminuição ou não interferir na densidade de pragas, porém, na prática os resultados são contraditórios e não chegam a um senso comum, apresentando variações entre os casos estudados (Janssen et al., 2006; Janssen et al., 2007; Vance-Chalcraft et al., 2007). Portanto, não se deve atribuir a predação intraguildd pelo retardo da supressão da população praga, pelo menos até ser evidente que a predação intraguildd ocorra em campo e que seus resultados tragam prejuízos para este caso de controle biológico.

## 5. CONCLUSÃO

A liberação combinada de *P. macropilis* e *N. californicus* prorroga a supressão de *T. urticae* na cultura do morango. No entanto, são necessários mais estudos para avaliar se este maior período de tempo necessário para suprimir a população de *T. urticae* reflete significativamente na produção das plantas a ponto de causar prejuízo econômico à cultura em relação à liberação individualizada.

Deve-se também considerar que quando liberados em conjunto, *P. macropilis* e *N. californicus* persistiram nas plantas em maior quantidade, o que é uma característica desejável quando se visa o controle biológico a longo prazo de *T. urticae*.

Finalmente, os futuros trabalhos deveriam estar orientados para testar se a adição do pólen ao sistema, como alimento suplementar, seria uma opção viável para elevar a eficiência da liberação combinada de predadores a ponto de compensar a perda da velocidade de supressão da população praga aqui observada.

## 6. REFERÊNCIAS

- Abrams PA & Matsuda H (1996) Positive Indirect Effects Between Prey Species that Share Predators. *Ecology* 77: 610-616. doi:10.2307/2265634.
- Begon M, Harper JL & Townsend CR (1996) *Ecology: Individuals, populations and communities*. 3 edn.
- Bográn CE, Heinz KM & Ciomperlik MA (2002) Interspecific competition among insect parasitoids: field experiments with whiteflies as hosts in cotton. *Ecology* 83: 653-668. doi:10.1890/0012-9658(2002)083[0653:ICAIPF]2.0.CO;2.
- Chang GC & Kareiva P (1999) The case for indigenous generalists in biological control: Theoretical Approaches to Biological Control (ed. by BA Hawkins & HV Cornell) Cambridge University Press, Cambridge, pp. 103-115.
- Chiavegato LG & Mischán MM (1981) Efeito do acaro *Tetranychus* (T.) *urticae* (Koch, 1836) Boudreaux & Dosse, 1963 (Acari, Tetranychidae) na produção do morangueiro (*Fragaria* spp.) cv.'Campinas'. *Científica* 9: 257-266.
- Chow A, Chau A & Heinz KM (2010) Compatibility of *Amblyseius* (*Typhlodromips*) *swirskii* (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae) and *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) for biological control of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on roses. *Biological Control* 53: 188-196. doi:https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.12.008.
- Chow A, Chau A & M. Heinz K (2008) Compatibility of *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) with *Amblyseius* (*Iphiseius*) *degenerans* (Acari: Phytoseiidae) for control of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on greenhouse roses.
- Delisle J, Shipp L & Brodeur J (2015a) Apple pollen as a supplemental food source for the control of western flower thrips by two predatory mites, *Amblyseius swirskii* and *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae), on potted chrysanthemum. *Experimental and Applied Acarology* 65: 495-509.
- Delisle JF, Brodeur J & Shipp L (2015b) Evaluation of various types of supplemental food for two species of predatory mites, *Amblyseius swirskii* and *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology* 65: 483-494.
- Duarte MV, Venzon M, Bittencourt MCdS, Rodríguez-Cruz FA, Pallini A & Janssen A (2015) Alternative food promotes broad mite control on chilli pepper plants. *Biocontrol* 60: 817-825.
- Duso C (1989) Role of the predatory mites *Amblyseius aberrans* (Oud.), *Typhlodromus pyri* Scheuten and *Amblyseius andersoni* (Chant) (Acari, Phytoseiidae) in vineyards: I. The effects of single or mixed phytoseiid population releases on spider mite densities (Acari, Tetranychidae).
- Easterbrook MA (1992) The possibilities for control of two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* on field-grown strawberries in the UK by predatory mites. *Biocontrol Science and Technology* 2: 235-245.

- Easterbrook MA, Fitzgerald JD & Solomon MG (2001) Biological control of strawberry tarsonemid mite *Phytonemus pallidus* and two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* on strawberry in the UK using species of *Neoseiulus* (Amblyseius)(Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology* 25: 25-36.
- Ferla NJ, Marchetti MM & Gonçalves D (2007) Ácaros predadores (Acari) associados à cultura do morango *Fragaria* sp., Rosaceae) e plantas próximas no Estado do Rio Grande do Sul. *Biota Neotropica* 7: 1-8.
- Flechtmann CHW (1972) Ácaros de importância agrícola. Livraria Nobel, São Paulo, Brasil.
- García-Mari F & González-Zamora JE (1999) Biological control of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with naturally occurring predators in strawberry plantings in Valencia, Spain. *Experimental and Applied Acarology* 23: 487-495.
- Gerson U & Weintraub P (2007) Mites for the control of pests in protected cultivation.
- Howard CM, Overman AJ, Price JF & Albrechts EE (1985) Diseases, nematodes, mites, and insects affecting strawberries in Florida. *Univ Florida Ag Station Bull* 857: 52.
- Janssen A, Montserrat M, HilleRisLambers R, Roos AMd, Pallini A & Sabelis MW (2006) Intraguild Predation Usually does not Disrupt Biological Control: Trophic and Guild in Biological Interactions Control (ed. by J Brodeur & G Boivin) Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 21-44.
- Janssen A, Sabelis MW, Magalhães S, Montserrat M & Van der Hammen T (2007) Habitat structure affects intraguild predation. *Ecology* 88: 2713-2719.
- Kant MR, Ament K, Sabelis MW, Haring MA & Schuurink RC (2004) Differential Timing of Spider Mite-Induced Direct and Indirect Defenses in Tomato Plants. *Plant Physiology* 135: 483-495.  
doi:10.1104/pp.103.038315.
- Lee WT & Lo KC (1990) Integrated control of two-spotted spider mite on strawberry in Taiwan. *Chinese Journal of Entomology*: 125-137.
- Lenth RV (2016) Least-Squares Means: The R Package lsmeans. 2016 69: 33.  
doi:10.18637/jss.v069.i01.
- Magalhães S, Tudorache C, Montserrat M, van Maanen R, Sabelis MW & Janssen A (2004) Diet of intraguild predators affects antipredator behavior in intraguild prey. *Behavioral Ecology* 16: 364-370.  
doi:10.1093/beheco/arh171.
- Marques RV, Sarmiento RA, Lemos F, Pedro-Neto M, Sabelis MW, Venzon M, Pallini A & Janssen A (2015) Active prey mixing as an explanation for polyphagy in predatory arthropods: synergistic dietary effects on egg production despite a behavioural cost. *Functional Ecology* 29: 1317-1324.  
doi:10.1111/1365-2435.12439.
- McMurtry JA & Croft BA (1997) Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annual Review of Entomology* 42: 291-321.

- Messelink GJ, Maanen Rv, van Steenpaal SEF & Janssen A (2008) Biological control of thrips and whiteflies by a shared predator: Two pests are better than one. *Biological Control* 44: 372-379.
- Milinski M & Parker GA (1991) Competition for resources. *Behavioral Ecology* 3: 137–168.
- Moraes GJ (1992) Perspectivas para o uso de predadores no controle de ácaros fitófagos no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 27: 263-270.
- Muñoz-Cárdenas K, Fuentes LS, Cantor RF, Rodríguez CD, Janssen A & Sabelis MW (2014) Generalist red velvet mite predator (*Balaustium* sp.) performs better on a mixed diet. *Experimental and Applied Acarology* 62: 19-32.
- Oliveira H, Fadini MAM, Venzon M, Rezende D, Rezende F & Pallini A (2009) Evaluation of the predatory mite *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) as a biological control agent of the two-spotted spider mite on strawberry plants under greenhouse conditions. *Experimental and Applied Acarology* 47: 275-283.
- Oliveira H, Janssen A, Pallini A, Venzon M, Fadini M & Duarte V (2007) A phytoseiid predator from the tropics as potential biological control agent for the spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Biological Control* 42: 105-109.
- Pianka ER (1974) Niche Overlap and Diffuse Competition. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 71: 2141.
- Polis GA, Myers CA & Holt RD (1989) The Ecology and Evolution of Intraguild Predation: Potential Competitors That Eat Each Other. *Annual Review of Ecology and Systematics* 20: 297-330.  
doi:10.1146/annurev.es.20.110189.001501.
- Porto MMF (2017) Intraguild interactions between the predatory mites *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae): Universidade Federal de Viçosa, p. 78.
- Pozzebon A & Duso C (2008) Grape downy mildew *Plasmopara viticola*, an alternative food for generalist predatory mites occurring in vineyards. *Biological Control* 45: 441-449.  
doi:https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.02.001.
- Pratt PD & Croft BA (2000) Banker Plants: Evaluation of Release Strategies for Predatory Mites. *Journal of Environmental Horticulture* 18: 211-217.  
doi:10.24266/0738-2898-18.4.211.
- Price JF & King JB (1991) Response of twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch, and fruit yield to new miticides and their use patterns in strawberry. *Journal of Agricultural Entomology* 8: 83–91.
- R-Development-Core-Team (2014) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2013: ISBN 3-900051-07-0.
- R D Holt a & Lawton JH (1994) The Ecological Consequences of Shared Natural Enemies. *Annual Review of Ecology and Systematics* 25: 495-520.  
doi:10.1146/annurev.es.25.110194.002431.

- Rezende MQ, Venzon M, Perez AL, Cardoso IM & Janssen A (2014) Extrafloral nectaries of associated trees can enhance natural pest control. *Agriculture, ecosystems & environment* 188: 198-203.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.02.024>.
- Rhodes EM & Liburd OE (2006) Evaluation of predatory mites and acaricide for control of twospotted spider mites in strawberries in North Central Florida. *Journal of economic entomology* 99: 1291-1298.
- Rhodes EM, Liburd OE, Kelts C, Rondon SI & Francis RR (2006) Comparison of single and combination treatments of *Phytoseiulus persimilis*, *Neoseiulus californicus*, and Acramite (bifenazate) for control of twospotted spider mites in strawberries. *Experimental and Applied Acarology* 39: 213-225.
- Ribeiro AC, Guimarães PTG & Alvarez VH (1999) Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação, Viçosa, MG.
- Rosenheim JA, Wilhoit LR & Armer CA (1993) Influence of intraguild predation among generalist insect predators on the suppression of an herbivore population. *Oecologia* 96: 439-449. doi:10.1007/BF00317517.
- Sances FV, Toscano NC, Oatman ER, Lapre LF, Johnson MW & Voth V (1982) Reductions in plant processes by *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) feeding on strawberry. *Environmental Entomology* 11: 733-737.
- Sato ME, Da Silva MZ, De Souza Filho MF, Matioli AL & Raga A (2007) Management of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in strawberry fields with *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) and acaricides. *Experimental and Applied Acarology* 42: 107-120.
- Schausberger P (1998) Population growth and persistence when prey is diminishing in single-species and two-species systems of the predatory mites *Euseius finlandicus*, *Typhlodromus pyri* and *Kampimodromus aberrans*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 88: 275-286.  
doi:10.1046/j.1570-7458.1998.00372.x.
- Schausberger P & Walzer A (2001) Combined versus Single Species Release of Predaceous Mites: Predator–Predator Interactions and Pest Suppression. *Biological Control* 20: 269-278.  
doi:<https://doi.org/10.1006/bcon.2000.0908>.
- Straub C & Snyder W (2008) Increasing enemy biodiversity strengthens herbivore suppression on two plant species.
- Sunderland KD, Axelsen J, Dromph K, Freier B, Hemptinne J-L, Holst N, Mols PJM, Petersen MK, Powell W, Ruggle P, Triltsch H & Winder L (1997) Pest control by a community of natural enemies.
- Tilman D (1982) Resource competition and community structure.
- Trumble JT & Morse JP (1993) Economics of integrating the predaceous mite *Phytoseiulus perimilis* (Acari: Phytoseiidae) with pesticides in strawberries. *Journal of economic entomology* 86: 879–885.
- Van Houten YM & Van Stratum P (1995) Control of Western Flower Thrips on Sweet Pepper in Winter with *Amblyseius cucumeris* (Oudemans) and A.

- degenerans Berlese: Thrips Biology and Management (ed. by BL Parker, M Skinner & T Lewis) Springer US, Boston, MA, pp. 245-248.
- Van Leeuwen T, Vontas J, Tsagkarakou A, Dermauw W & Tirry L (2010) Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: a review. *Insect biochemistry and molecular biology* 40: 563-572.
- van Maanen R, Messelink G, van Holstein-Saj R, Sabelis M & Janssen A (2012) Prey temporally escape from predation in the presence of a second prey species.
- Vance-Chalcraft HD, Rosenheim JA, Vonesh JR, Osenberg CW & Sih A (2007) The Influence of Intraguild Predation on Prey Suppression and Prey Release: A Meta-Analysis. *Ecology* 88: 2689-2696.
- Walzer A, Blümel S & Schausberger P (2001) Population dynamics of interacting predatory mites, *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*, held on detached bean leaves. *Experimental & Applied Acarology* 25: 731-743. doi:10.1023/a:1016332129137.
- Walzer A & Schausberger P (1999) Cannibalism and interspecific predation in the phytoseiid mites *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*: predation rates and effects on reproduction and juvenile development. *Biocontrol* 43: 457-468. doi:10.1023/A:1009980401662.
- Xiao Y, Avery P, Chen J, McKenzie C & Osborne L (2012) Ornamental pepper as banker plants for establishment of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) for biological control of multiple pests in greenhouse vegetable production. *Biological Control* 63: 279-286. doi:https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.09.007.
- Zhang Z-Q & Croft BA (1995) Interspecific competition and predation between immature *Amblyseius fallacis*, *Amblyseius andersoni*, *Typhlodromus occidentalis* and *Typhlodromus pyri* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental & Applied Acarology* 19: 247-257. doi:10.1007/bf00052617.