

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**MONITORAMENTO DA SUSCETIBILIDADE DE *Brevipalpus yothersi*
(ACARI: TENUIPALPIDAE) AO ACARICIDA PROPARGITO NO CINTURÃO
CITRÍCOLA BRASILEIRO**

LUCAS DE OLIVEIRA MINTO

Jaboticabal - SP

1º Semestre/2026

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**MONITORAMENTO DA SUSCETIBILIDADE DE *Brevipalpus yothersi*
(ACARI: TENUIPALPIDAE) AO ACARICIDA PROPARGITO NO CINTURÃO
CITRÍCOLA BRASILEIRO**

LUCAS DE OLIVEIRA MINTO

**Orientador: Prof. Dr. Daniel Júnior de Andrade
Coorientador: Eng. Agr. Giliadi de Sousa Izidoro**

Trabalho apresentado à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP,
Câmpus de Jaboticabal, para graduação
em ENGENHARIA AGRONÔMICA

Jaboticabal - SP

1º Semestre/2026

M667m	Minto, Lucas de Oliveira Monitoramento da suscetibilidade de <i>Brevipalpus yothersi</i> (Acari: Tenuipalpidae) ao acaricida propargito no cinturão citrícola brasileiro / Lucas de Oliveira Minto. -- Jaboticabal, 2026 55 p. : il., tabs., fotos Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientador: Daniel Júnior de Andrade Coorientador: Giliadi de Sousa Izidoro 1. Acarologia. 2. Citrus. 3. <i>Brevipalpus</i>. 4. Produtos químicos agrícolas. I. Título.
-------	---

Lucas de Oliveira Minto

Monitoramento da suscetibilidade de *Brevipalpus yothersi* (Acari: Tenuipalpidae) ao acaricida propargito no cinturão citrícola brasileiro

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em **Engenharia Agrônoma**.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Júnior de Andrade

Coorientador (se houver): Eng. Agr. Giliadi de Sousa Izidoro

Área de Concentração: Fitossanidade

Trabalho aprovado em 06/07/2026

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 DANIEL JUNIOR DE ANDRADE
Data: 07/07/2026 14:49:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Daniel Júnior de Andrade

UNESP - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Campus de Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
 GUILHERME DUARTE ROSSI
Data: 07/07/2026 16:55:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Guilherme Duarte Rossi

UNESP - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Campus de Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
 JULIA GABRIELA ALEIXO VIEIRA
Data: 07/07/2026 17:16:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Júlia Gabriela Aleixo Vieira

UNESP - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Campus de Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
 MARCELO DA COSTA FERREIRA
Data: 08/07/2026 09:14:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira
Chefe do Departamento

DEDICO...

Aos meus pais, **José Minto Neto** e **Heloisa Faria de Oliveira Minto**, pela educação, apoio constante, incentivo e confiança ao longo de toda minha trajetória acadêmica. Foram fundamentais para que eu chegasse até aqui, sempre oferecendo suporte nos momentos difíceis e celebrando cada conquista.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela graça abundante derramada sobre minha vida, pela força nos momentos de dificuldade e pela oportunidade de alcançar esta etapa da minha formação. Pela sabedoria concedida diariamente, que guiou minhas escolhas e fortaleceu minha fé, permitindo que eu seguisse com equilíbrio e confiança até aqui.

À minha família, pelo apoio incondicional, compreensão e incentivo constante. À minha namorada, Manoela Fornazari Massucato, que foi meu alicerce durante toda a graduação. Aos meus pais, José Minto Neto e Heloisa Faria de Oliveira Minto, por todos os ensinamentos, pelo exemplo de dedicação e por nunca medirem esforços para que eu pudesse alcançar meus objetivos. Este trabalho também é fruto de tudo o que vocês representam para mim.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Daniel Júnior de Andrade, pela orientação, confiança e apoio ao longo deste período. Agradeço pela disponibilidade e por compartilhar sua experiência, sabedoria e conselhos, que foram fundamentais para minha formação acadêmica, pessoal e profissional.

Ao meu coorientador, Eng. Agr. Giliadi de Sousa Izidoro, pela coorientação, disponibilidade, paciência e valiosas contribuições durante todas as etapas deste trabalho. Sua dedicação e apoio foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Dr. Hector Alonso Escobar Garcia e à Dra. Sidnéia Terezinha Soares de Matos, pelas orientações, sugestões e importantes contribuições para a realização deste trabalho.

À toda equipe do Laboratório de Acarologia (AcaroLab), pela convivência, troca de conhecimentos e apoio ao longo das atividades desenvolvidas.

Aos citricultores envolvidos, pela cooperação e autorização de acesso às áreas experimentais, possibilitando a coleta de *Brevipalpus yothersi* em 19 talhões brasileiros, contribuição indispensável para a realização deste estudo.

À Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" e à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (UNESP/FCAV), pela infraestrutura e pelo suporte oferecidos para o desenvolvimento desta pesquisa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e ao Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus), pelo financiamento do projeto e pelo apoio à realização desta pesquisa, fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), da qual fui bolsista por três anos, oportunidade que contribuiu de forma decisiva para minha formação acadêmica e profissional.

Por fim, agradeço aos amigos da República 100 Teto, que estiveram ao meu lado ao longo de toda a trajetória acadêmica, compartilhando desafios, conquistas e aprendizados, tornando essa caminhada mais leve e especial.

**MONITORAMENTO DA SUSCETIBILIDADE DE *Brevipalpus yothersi*
(ACARI: TENUIPALPIDAE) AO ACARICIDA PROPARGITO NO CINTURÃO
CITRÍCOLA BRASILEIRO**

RESUMO

O ácaro-da-leprose dos citros, *Brevipalpus yothersi* (Acari: Tenuipalpidae), é o principal vetor do *Cilevirus leprosis*, agente causal da leprose dos citros, uma das principais doenças da citricultura brasileira. O controle do vetor baseia-se principalmente no uso de acaricidas químicos, destacando-se o propargito. Este estudo teve como objetivo detectar e monitorar populações de *B. yothersi* com resistência ao propargito, bem como estabelecer a linha-básica de suscetibilidade de populações provenientes do cinturão citrícola brasileiro. Foram avaliadas 19 populações coletadas em pomares comerciais de laranja-doce e uma população suscetível de referência, por meio de bioensaios de concentração-mortalidade com fêmeas adultas pulverizadas em torre de Potter utilizando o acaricida comercial Omite. As concentrações letais (CL₅₀ e CL₉₅) e as razões de resistência foram estimadas por análise de Probit. As CL₅₀ variaram de 15,35 a 94,54 mg L⁻¹ e as CL₉₅ de 59,99 a 978,43 mg L⁻¹. As razões de resistência foram inferiores a 2,70 vezes, indicando baixos níveis de resistência ao propargito para as populações avaliadas. Os resultados permitiram estabelecer a linha-básica de suscetibilidade de *B. yothersi* ao propargito e fornecer subsídios para o monitoramento da resistência.

Palavras-chave: *Cilevirus leprosis*, concentração diagnóstica, Leprose dos citros.

**MONITORING OF *Brevipalpus yothersi* (ACARI: TENUIPALPIDAE)
SUSCEPTIBILITY TO THE ACARICIDE PROPARGITE IN THE BRAZILIAN
CITRUS BELT**

ABSTRACT

The citrus leprosis mite, *Brevipalpus yothersi* (Acari: Tenuipalpidae), is the primary vector of *Cilevirus leprosis*, the causal agent of citrus leprosis, one of the most important diseases affecting the Brazilian citrus farming. Management of this vector relies mainly on the use of chemical acaricides, with propargite being one of the most widely used active substances. This study aimed to detect and monitor propargite-resistant populations of *B. yothersi* and to establish the baseline susceptibility of populations collected from the Brazilian citrus belt. Nineteen field populations collected from commercial sweet orange orchards and one susceptible reference population were evaluated through concentration–mortality bioassays using adult females sprayed with the commercial acaricide Omite in a Potter spray tower. The median lethal concentration (LC₅₀), the 95% lethal concentration (LC₉₅), and resistance ratios were estimated by Probit analysis. LC₅₀ values ranged from 15.35 to 94.54 mg L⁻¹, whereas LC₉₅ values ranged from 59.99 to 978.43 mg L⁻¹. Resistance ratios were lower than 2.70-fold, indicating low levels of resistance to propargite among the evaluated populations. These results establish the baseline susceptibility of *B. yothersi* to propargite and provide a foundation for future resistance monitoring programs.

Keywords: *Cilevirus leprosis*, Citrus leprosis, diagnostic concentration.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Sintomas de leprose dos citros (*Cilevirus leprosis*) em: **(A)** – folhas; **(B)** – fruto; **(C)** – ramos. 18
- Figura 2** – Áreas de estudo e locais de coleta (n = 20) do cinturão citrícola brasileiro, composto por áreas cítricas do estado de São Paulo e oeste-sudoeste do estado de Minas Gerais. A enumeração dos locais de amostragem está de acordo com a Tabela 1. 27
- Figura 3** - Aspecto geral dos frutos de laranja-doce sem resíduos de produtos químicos, devidamente preparados, utilizados na manutenção das populações de ácaros *Brevipalpus yothersi* em laboratório. 29
- Figura 4** - Aspecto geral das arenas preparadas em folhas de feijão-de-porco para confinamento dos ácaros *Brevipalpus yothersi*. 32
- Figura 5** - *Brevipalpus yothersi* fêmea adulta; **(A)** – prodorso; **(B)** – ventre posterior, indicando placas ventral e genital; **(C)** – opistossoma; **(D)** – espermateca (seta vermelha indicando). 36
- Figura 6** - Curvas de caracterização toxicológica do *Brevipalpus yothersi* da população Laboratório-AcaroLab em *Canavalia ensiformis* expostos ao acaricida propargito; **(A)** – Curvas de concentração-eficiência e concentração-sobrevivência (linha vermelha), avaliadas 48 horas após a exposição às concentrações do acaricida; **(B)** – Eficiência de controle das concentrações avaliadas até 12 dias após a aplicação; **(C)** – Curvas concentração-resposta obtidas por análise probit. 38
- Figura 7** - Sobrevivência (%) de fêmeas adultas de *Brevipalpus yothersi* de diferentes populações após 48 h de exposição à concentração diagnóstica de propargito (87,7 mg L⁻¹). 41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Detalhes da coleção de populações de *Brevipalpus yothersi*..... 27

Tabela 2 - Status de resistência das populações de *Brevipalpus yothersi* após 48 horas de exposição com propargito. 39

Tabela 3 - Sobrevivência de *Brevipalpus yothersi* a uma concentração diagnóstica de 87,7 mg de propargito L⁻¹..... 42

SUMÁRIO

1	Introdução.....	12
2	Revisão de Literatura.....	17
2.1	A leprose dos citros (<i>Cilevirus leprosis</i>)	17
2.2	<i>Brevipalpus</i> spp.	19
2.3	Resistência de ácaros ao propargito	22
3	Material e métodos.....	25
3.1	Local da pesquisa.....	25
3.2	Coleta das populações de <i>Brevipalpus yothersi</i>	25
3.3	Criação de <i>Brevipalpus yothersi</i> em laboratório	28
3.4	Identificação morfológica do ácaro-da-leprose dos citros	29
3.5	Bioensaios toxicológicos.....	30
3.6	Monitoramento da suscetibilidade das populações	33
3.7	Análise de dados	33
4	Resultados e discussão	35
4.1	Identificação morfológica do ácaro-da-leprose dos citros	35
4.2	Bioensaios toxicológicos.....	36
4.3	Monitoramento da suscetibilidade das populações	40
4.4	Discussão	42
5	Conclusões.....	47
	Referências.....	48

1 INTRODUÇÃO

A citricultura destaca-se como uma das principais atividades agrícolas do Brasil, país que ocupa a posição de maior produtor mundial de laranja-doce (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), respondendo por 29,4% da produção global. Além disso, o Brasil lidera as exportações mundiais de suco de laranja, representando 76% da produção global desse produto (USDA, 2025).

Na safra 2025/26, a produção do cinturão citrícola de São Paulo e do Triângulo/Sudoeste Mineiro foi de 292,94 milhões de caixas de 40,8 kg, das quais cerca de 267,25 milhões de caixas (91%) foram produzidas no estado de São Paulo. A produção da safra 2025/26 foi 26,9% superior em relação à produção da safra de 2024/25 (230,87 milhões de caixas). Porém, apesar do aumento em relação à safra anterior, a produção da safra 2025/26 ficou 6,9% abaixo da estimativa inicial divulgada em maio de 2025. Tal redução de produção em relação à estimativa foi dada por fatores climáticos e fitossanitários que, associados ao contexto de colheita mais tardia, contribuíram para a redução do peso dos frutos em relação ao volume inicialmente projetado (FUNDECITRUS, 2026).

Apesar da relevância econômica, o controle de pragas continua sendo um dos maiores desafios para a citricultura nacional (DELLA-VECHIA et al., 2018). A intensificação do Huanglongbing (HLB) e o aumento da incidência da leprose dos citros contribuíram significativamente para a elevada taxa de queda prematura de frutos, que atingiu o maior valor das últimas 11 safras, totalizando 88,49 milhões de caixas, um acréscimo de 3,2 pontos percentuais em relação a

projeção de maio de 2025. O HLB foi o principal responsável por essas perdas, representando 13,0% dos 23,2% totais, o equivalente a 49,59 milhões de caixas. Em seguida, destacaram-se o bicho-furão e as moscas-das-frutas, com participação de 3,8%. Já a leprose dos citros apresentou aumento expressivo em relação às safras anteriores, ocupando a terceira posição entre os principais fatores associados à queda de frutos, com 2,5% das perdas, correspondendo a 9,54 milhões de caixas (FUNDECITRUS, 2026).

As condições de clima mais seco e temperaturas elevadas favorecem o desenvolvimento do ácaro-da-leprose, que apresenta maior adaptação e crescimento populacional em ambientes quentes e com baixa umidade (FUNDECITRUS, 2025). Associado a isso, a permanência dos frutos por períodos mais prolongados no campo, especialmente nas variedades tardias, tende a aumentar a ocorrência da praga e os danos por ela causados. Dessa forma, torna-se ainda mais importante a adoção de programas de monitoramento e estratégias de manejo compatíveis com as condições climáticas de cada região produtora.

Entre as pragas de maior impacto está o ácaro *B. yothersi* (Acari: Tenuipalpidae), vetor do *Cilevirus leprosis* (anteriormente denominado *Citrus leprosis virus C* - CiLV-C), agente causal da leprose dos citros, considerada a principal doença viral da cultura no país (RAMOS-GONZÁLEZ et al., 2016).

O vírus da leprose dos citros caracteriza-se por apresentar infecção localizada (não sistêmica), permanecendo restrito aos tecidos próximos ao local de alimentação do ácaro-vetor (PASCON et al., 2006). Dessa forma, sua disseminação para outras plantas ou para diferentes órgãos da mesma planta

depende da ação de *B. yothersi* (ARENA et al., 2016). No Brasil, são conhecidas duas estirpes de *C. leprosis*, denominadas Cordeirópolis (CRD) e outra de São José do Rio Preto (SJP). Estudos recentes indicaram que a estirpe SJP apresenta maior agressividade em comparação à estirpe CRD (RAMOS-GONZÁLEZ et al., 2016; CHABI-JESUS et al., 2021).

Até poucos anos atrás, *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) era considerado o principal vetor da leprose dos citros no Brasil (BASTIANEL et al., 2010). Entretanto, estudos taxonômicos mais detalhados envolvendo indivíduos dessa espécie, levaram Beard et al. (2015) a concluir que *B. phoenicis* correspondia, na realidade, a um complexo de espécies morfologicamente semelhantes, incluindo *Brevipalpus yothersi* Baker (Acari: Tenuipalpidae). A partir dessa revisão, diversos autores reconheceram *B. yothersi* como a espécie predominante em pomares cítricos e o principal vetor da leprose dos citros no Brasil (ROY et al., 2015; BEARD et al., 2015; MINEIRO et al., 2015).

O controle químico permanece como a principal estratégia utilizada para reduzir as populações de *B. yothersi* (DELLA-VECHIA et al., 2018). Para esse fim, são empregados acaricidas com diferentes modos de ação, como espiroclorfenol e hexitiazoxi. Contudo, o uso contínuo desses produtos tem favorecido a seleção de populações resistentes, havendo relatos de resistência a esses ingredientes ativos em populações de *B. yothersi* associadas à citricultura brasileira (CAMPOS e OMOTO, 2002; MOTA-SANCHEZ e WISE, 2025; ESCOBAR-GARCIA e ANDRADE, 2025; ROCHA et al., 2021, 2026).

Além do controle químico, outras estratégias podem ser incorporadas ao manejo integrado de *B. yothersi*, como o monitoramento periódico das

populações de campo, a retirada de ramos infestados, o uso de inimigos naturais incluindo predadores e fungos entomopatogênicos, e a adoção de práticas culturais que favoreçam a sanidade do pomar. A rotação de produtos com diferentes modos de ação também desempenha papel fundamental na prevenção da resistência (BASSANEZI, 2018). A integração dessas práticas contribui para um manejo mais eficiente e sustentável do ácaro-da-leprose.

A rápida seleção de resistência em populações de *B. yothersi* está associada a características biológicas da espécie, como a partenogênese telítoca, na qual as fêmeas adultas originam descendentes sem necessidade de fecundação, além do curto ciclo de vida e a baixa capacidade de dispersão, fatores que favorecem o aumento acelerado da frequência de indivíduos resistentes sob pressão de seleção por acaricidas (DELLA-VECHIA et al., 2021; ESCOBAR-GARCÍA et al., 2024).

A seleção da resistência pode comprometer a eficiência do controle químico, levando os produtores a aumentar as doses e a frequência de aplicações ou a recorrer a produtos mais tóxicos, o que pode dificultar a implementação de programas de Manejo Integrado de Pragas (FRANCO et al., 2007). Entre os acaricidas disponíveis, destaca-se o propargito, lançado comercialmente em 1964. Pertencente ao grupo químico dos sulfitos de alquila e classificado pelo IRAC no subgrupo 12C, esse acaricida atua como inibidor da ATP sintase mitocondrial, comprometendo a respiração celular e a produção de ATP. O propargito permanece em uso há várias décadas no manejo de ácaros fitófagos, sendo considerado um dos acaricidas clássicos empregados no controle dessas pragas (VAN LEEUWEN et al., 2015).

Nos últimos anos, relatos de falhas de controle de ácaros com propargito têm se tornado mais frequentes. Casos de resistência já foram registrados por exemplo, para espécies do gênero *Tetranychus* (MOHAMMADZADEH et al., 2014; LUO et al., 2014; FENG et al., 2018) e *B. phoenicis* (FRANCO et al., 2007). Apesar disso, estudos específicos sobre a resistência de *B. yothersi* ao propargito ainda são limitados, embora parte dos registros anteriores podem se referir na verdade a *B. yothersi*.

Considerando o elevado custo e o longo período necessário para o desenvolvimento de novas moléculas acaricidas, torna-se fundamental a detecção precoce de populações resistentes e a adoção de estratégias que minimizem a pressão de seleção nos pomares. Partiu-se da hipótese de que populações de *B. yothersi* provenientes do cinturão citrícola brasileiro apresentam variabilidade na suscetibilidade ao propargito em decorrência da pressão de seleção exercida pelo uso contínuo desse acaricida. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo detectar e monitorar populações de *B. yothersi* com resistência ao propargito, bem como estabelecer a linha-básica de suscetibilidade de populações provenientes do cinturão citrícola brasileiro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A leprose dos citros (*Cilevirus leprosis*)

A disseminação da leprose dos citros está diretamente associada à atividade dos ácaros do gênero *Brevipalpus*, responsáveis pela aquisição e transmissão do agente causal da doença entre plantas hospedeiras. Estudos demonstraram a ausência de transmissão transovariana do vírus em *Brevipalpus* spp., de modo que a progênie dos ácaros vetores não nasce infectada e que a aquisição do vírus ocorre exclusivamente durante a alimentação em tecidos vegetais infectados, sendo necessária essa ingestão para que o vetor se torne competente para a transmissão (NOVELLI et al., 2005; TASSI et al., 2017). Entretanto, todos os estágios móveis do ácaro são capazes de adquirir e transmitir o vírus durante a alimentação, desempenhando papel fundamental na epidemiologia da doença (BASTIANEL et al., 2010).

Os sintomas da leprose dos citros são caracterizados por manchas cloróticas nas superfícies abaxial e adaxial com 2 ou 3 mm de diâmetro, lisas ou salientes, com ou sem centro necrótico (BASTIANEL et al., 2010; RAMOS-GONZÁLEZ, et al., 2018) (Figura 1A). Nos frutos, os sintomas são lesões circulares com dimensões de 5 a 12 mm de diâmetro, inicialmente marrons que, com o passar do tempo, tornam-se necróticas e circundadas por um halo amarelo característico (BASTIANEL et al., 2006) (Figura 1B). Em ramos, as lesões iniciais são circulares e amareladas, tornando-se, após algum tempo,

corticosas, salientes, acinzentadas ou avermelhadas (BASSANEZI, 2017) (Figura 1C). A leprose provoca queda de frutos prematuros, desfolha e seca de ramos (ANDRADE et al., 2018). Plantas com esses sintomas podem comprometer seriamente não apenas a produção, mas também a própria árvore. Dependendo da variedade da copa, sem o manejo adequado, a perda da safra pode chegar a 100% (RODRIGUES et al., 1994; BASSANEZI et al., 2019).



Figura 1 - Sintomas de leprose dos citros (*Cilevirus leprosis*) em: **(A)** – folhas; **(B)** – fruto; **(C)** – ramos.

Diferentemente de diversas outras viroses de importância agrícola, a leprose dos citros apresenta caráter não-sistêmico, permanecendo restrita aos tecidos localizados próximos aos sítios de alimentação do vetor. Dessa forma, a disseminação do vírus dentro da planta ou entre plantas distintas depende exclusivamente da movimentação de ácaros virulíferos (BASTIANEL et al., 2010; ARENA et al., 2016). Essa característica confere ao vetor papel central no ciclo

epidemiológico da doença, uma vez que a infecção não se propaga espontaneamente pelos tecidos vegetais.

Em razão dessa estreita relação entre o patógeno e seu vetor, as estratégias de manejo da leprose são direcionadas principalmente à redução das populações de *Brevipalpus* nos pomares. Entre as medidas recomendadas destacam-se o uso de mudas sadias, a eliminação de ramos e frutos com sintomas, a remoção de hospedeiros alternativos e o monitoramento periódico das populações do ácaro (BASSANEZI et al., 2016). Contudo, o controle químico do vetor permanece como a principal ferramenta utilizada pelos citricultores para reduzir a disseminação da doença e minimizar seus impactos econômicos (DELLA-VECHIA et al., 2017; MIRANDA et al., 2017).

Dessa forma, a preservação das moléculas acaricidas empregadas no manejo de *Brevipalpus* spp. é essencial para o controle da leprose dos citros, reforçando a importância de estudos relacionados à sensibilidade de *B. yothersi* aos acaricidas e à evolução da resistência em populações do ácaro-vetor.

2.2 *Brevipalpus* spp.

Os ácaros do gênero *Brevipalpus* (Acari: Tenuipalpidae) constituem um dos grupos de maior importância econômica entre os ácaros fitófagos, principalmente devido à sua capacidade de atuar como vetores de vírus associados a diversas culturas agrícolas. Atualmente, são conhecidas mais de 300 espécies pertencentes ao gênero, das quais aproximadamente cinco estão

associadas à transmissão de *C. leprosis* no mundo, uma das doenças de maior relevância para a citricultura, em razão dos prejuízos que causa à produção e à qualidade dos frutos (MESA et al., 2009; KITAJIMA et al., 2014).

Estudos taxonômicos realizados na última década demonstraram que *B. phoenicis*, anteriormente reconhecido como o principal vetor da leprose dos citros no Brasil, correspondia na realidade a um complexo de espécies morfológicamente semelhantes. A partir dessa revisão, *B. yothersi* foi identificada como a espécie predominante em pomares cítricos brasileiros e reconhecida como o principal vetor das estirpes virais no país (BEARD et al., 2015; MINEIRO et al., 2015; RAMOS-GONZÁLEZ et al., 2016).

Brevipalpus yothersi apresenta ampla distribuição geográfica e elevada capacidade de utilização de hospedeiros, sendo considerada uma espécie polífaga. Além dos citros, o ácaro pode ser encontrado em diversas espécies cultivadas e espontâneas, incluindo cafeeiro, coqueiro, abacateiro, maracujazeiro, aceroleira, lichieira e outras plantas que podem atuar como hospedeiro alternativo e contribuir para a manutenção de suas populações ao longo do ano (MINEIRO et al., 2015; SALINAS-VARGAS et al., 2016).

O ciclo biológico de *B. yothersi* compreende as fases de ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adulto, além dos estágios quiescentes intermediários entre os ínstaes. Em condições controladas de temperatura e umidade, o desenvolvimento dos estágios imaturos ocorre entre 21 e 24 dias, enquanto as fêmeas adultas apresentam longevidade média de 25 dias e fecundidade superior a 20 ovos por indivíduo (AMARAL et al., 2018).

Uma das características biológicas mais relevantes da espécie é a reprodução por partenogênese telítoca, na qual fêmeas são originadas a partir de ovos não fertilizados, produzindo descendentes geneticamente semelhantes à progenitora (HELLE et al., 1980). Essa estratégia reprodutiva, associada ao curto ciclo de vida e à elevada capacidade de multiplicação populacional, favorece o rápido aumento da frequência de indivíduos adaptados quando submetidos a pressões seletivas, como aquelas decorrentes do uso contínuo de acaricidas. Adicionalmente, práticas fitossanitárias direcionadas ao controle de outras pragas, como o uso intensivo de inseticidas para o manejo de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae), podem exercer efeitos indiretos sobre *B. yothersi*, alterando parâmetros biológicos e comportamentais relacionados à alimentação e à oviposição (HALL; THACKER, 1993). Nesse contexto, tem sido levantada a hipótese de que a exposição a doses subletais desses compostos possa desencadear respostas horméticas em *B. yothersi*, promovendo incrementos na sobrevivência, fecundidade ou crescimento populacional e, conseqüentemente, contribuindo para a ocorrência de surtos populacionais, à semelhança do observado em outros artrópodes-praga (GUEDES et al., 2009; CORDEIRO et al., 2013; ZANARDI et al., 2018; COSTA, 2018).

As populações de *B. yothersi* podem ocorrer durante todo o ano nos pomares cítricos, embora sua abundância seja geralmente maior em períodos de baixa precipitação e temperaturas elevadas, condições que favorecem o desenvolvimento e a sobrevivência do ácaro (LARANJEIRA et al., 2015). Além disso, o aumento populacional tende a acompanhar o desenvolvimento dos

frutos, reforçando a necessidade do monitoramento contínuo das áreas de produção (RODRIGUES et al., 2003).

Nesse contexto, o monitoramento populacional constitui uma das principais ferramentas para a tomada de decisão no manejo do ácaro-da-leprose. A adoção de níveis de controle adequados permite otimizar a utilização de acaricidas e reduzir aplicações desnecessárias, contribuindo para a sustentabilidade dos programas de manejo e para a mitigação da evolução da resistência nas populações de campo (FUNDECITRUS, 2019).

2.3 Resistência de ácaros ao propargito

O propargito é um acaricida pertencente ao grupo químico dos sulfitos de alquila, classificado pelo Comitê de Ação à Resistência de Inseticidas (IRAC) como um inibidor da ATP sintase mitocondrial (Grupo 12C). Desde sua introdução no mercado na década de 1960, tem sido amplamente utilizado no controle de ácaros fitófagos em diversas culturas agrícolas, tornando-se um dos principais acaricidas empregados mundialmente (VAN LEEUWEN et al., 2015).

Até o momento, aproximadamente 42 casos de resistência ao propargito foram registrados em espécies pertencentes às famílias Tenuipalpidae, Tetranychidae, Phytoseiidae e Acaridae. Entre as espécies reportadas encontram-se, por exemplo, *B. phoenicis* (FRANCO, 2002), *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) (FERREIRA et al., 2015), *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae) (HARDMAN et al., 2003), *Oligonychus coffeae* (Acari:

Tetranychidae) (ROY et al., 2018), *Neoseiulus fallacis* (Acari: Phytoseiidae) (MEYER, 1974), *Euseius concordis* (Acari: Phytoseiidae) (SILVA et al., 2011) e *Rhizoglyphus echinopus* (Acari: Acaridae) (KNOWLES et al., 1990). Esses registros evidenciam que a resistência ao propargito não se restringe a um único grupo taxonômico, podendo ocorrer em diferentes espécies de ácaros submetidas à pressão de seleção decorrente do uso contínuo desse ingrediente ativo.

Em 2011, em decorrência das restrições impostas pela União Europeia ao propargito, relacionadas à insuficiência de dados para a avaliação de risco e ao estabelecimento de valores de referência toxicológicos, o ingrediente ativo propargito foi retirado da Lista de Produção Integrada de Citros (PIC), atual programa ProteCitrus, utilizada como referência para orientar o manejo fitossanitário em conformidade com as exigências dos mercados importadores. Ressalta-se, contudo, que essa medida não implicou o cancelamento do registro do propargito no Brasil, mas restringiu sua recomendação nesse programa. Durante esse período, outras moléculas, como espirodiclofeno, hexitiazoxi e, posteriormente, ciflumetofem, passaram a ser incorporadas aos programas de manejo de *B. yothersi*, reduzindo a dependência do propargito.

Em 2018, após a revisão do limite máximo de resíduos (LMR) para laranja pela Autoridade Europeia de Segurança dos Alimentos (EFSA), o propargito voltou a integrar a lista de ingredientes ativos autorizados pelo programa, atualmente denominado ProteCitrus. Sua reinserção reforçou a importância do monitoramento contínuo da suscetibilidade das populações de *B. yothersi*,

visando preservar a eficácia desse acaricida nos programas de manejo da resistência.

Nesse contexto, o estabelecimento de linhas-básicas de suscetibilidade e o monitoramento contínuo das populações de campo são fundamentais para detectar alterações na resposta ao produto e subsidiar programas de manejo da resistência. Essas estratégias permitem acompanhar a suscetibilidade das populações ao longo do tempo, contribuindo para a manutenção da eficiência do propargito no controle do ácaro-da-leprose.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Acarologia (AcaroLab), da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, câmpus de Jaboticabal, onde os experimentos foram conduzidos entre julho de 2023 e agosto de 2025.

3.2 Coleta das populações de *Brevipalpus yothersi*

Um total de 20 populações de ácaros-da-leprose foram usadas no estudo (Figura 2 e Tabela 1). Uma delas é uma população padrão suscetível (S) coletada em um pomar cítrico não comercial, sem histórico de aplicação de agrotóxicos, localizado no câmpus da Universidade Estadual Paulista (Unesp-FCAV), em Jaboticabal, São Paulo, onde tem sido mantida em frutos de laranja desde o início de 2010 sem exposição a acaricidas.

As outras 19 populações foram coletadas entre fevereiro de 2023 e abril de 2024 em diferentes localidades representativas do cinturão citrícola brasileiro, priorizando pomares com histórico de altas infestações de ácaro-da-leprose. Em cada pomar, foram amostrados aproximadamente 50 frutos, além de folhas e ramos infestados por ácaros do gênero *Brevipalpus*, de forma a garantir maior

representatividade das populações coletadas. Todo o material foi acondicionado em sacos de papel devidamente identificados conforme o local de amostragem e transportado ao laboratório AcaroLab, visando preservar a integridade dos tecidos vegetais e a viabilidade dos ácaros.

No laboratório, as amostras foram examinadas sob microscópio estereoscópico (Olympus SZ61), e os ácaros foram cuidadosamente removidos do material vegetal com auxílio de um pincel de cerdas finas (número 0). Os indivíduos coletados foram transferidos para arenas de criação estabelecidas em seis frutos previamente selecionados entre os primeiros 50 coletados em cada pomar, priorizando aqueles com maior infestação. As arenas, com área aproximada de 20 a 25 cm², foram delimitadas na região superior dos frutos, ao redor da inserção do pedúnculo, utilizando cola entomológica. Dessa forma, foram estabelecidas em laboratório as 19 populações de *Brevipalpus*, compostas por diferentes quantidades de ovos, estágios imaturos e fêmeas adultas, as quais foram mantidas sob condições controladas para a multiplicação das colônias e posterior utilização nos bioensaios (Figura 3).

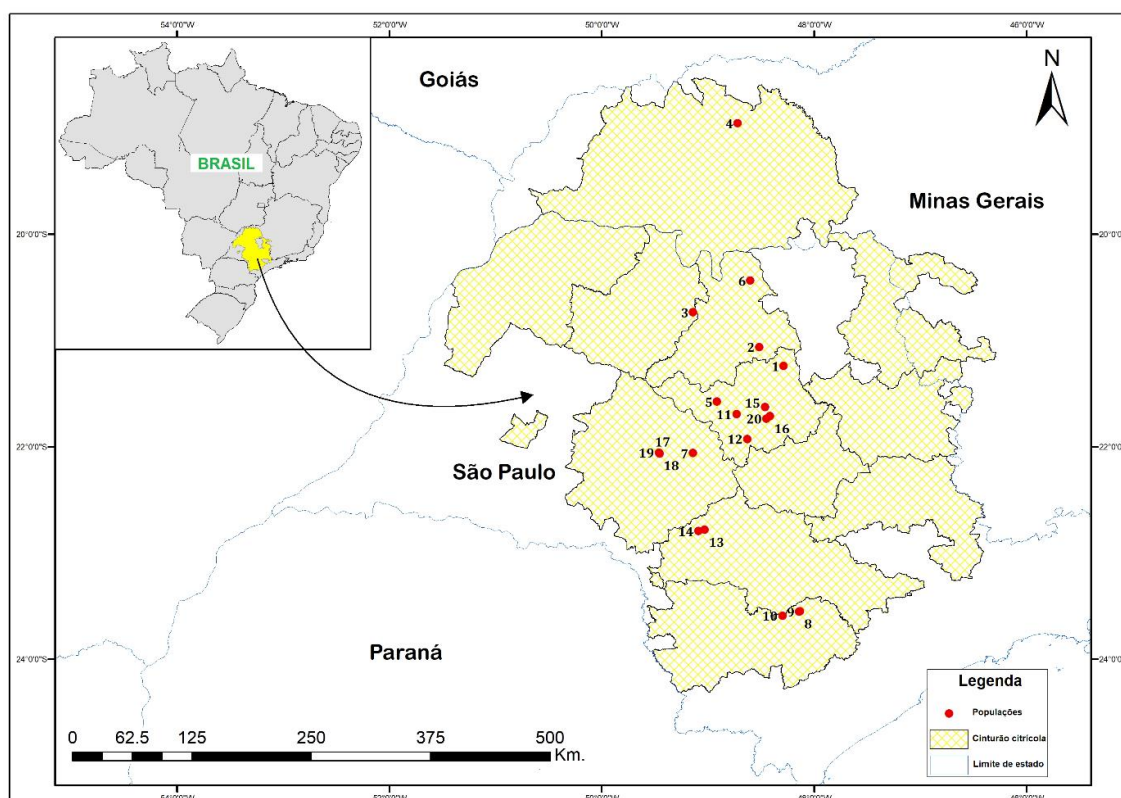


Figura 2 – Áreas de estudo e locais de coleta (n = 20) do cinturão citrícola brasileiro, composto por áreas cítricas do estado de São Paulo e oeste-sudoeste do estado de Minas Gerais. A enumeração dos locais de amostragem está de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - Detalhes da coleção de populações de *Brevipalpus yotheresi*

Nº	Populações	Localização	Porta-enxerto	Variedade	Ano de detecção
1	Laboratório-AcaroLab	21°14'25.06"S 48°17'19.42"W	várias	várias	2010
2	Bebedouro	21°3'45.20"S 48°31'7.50"W	Limão Cravo	Valencia	2009
3	Guapiaçu	20°44'6.65"S 49°8'28.57"W	Citrumelo Swingle	Pêra Rio	2015
4	Monte Alegre de Minas	18°57'20.21"S 48°43'20.00"W	Citrumelo Swingle	Valencia	2012
5	Itápolis	21°34'31"S 48°55'00" W	Citrumelo Swingle	Natal	2005
6	Barretos	20°26'13"S 48°36'08"W	Citrumelo Swingle	Valencia	2018
7	Reginópolis	22°03'34.7"S 49°08'36.6"W	Tangerina Sunki	Pêra Rio	2013
8	Itapetininga-204	23°33'00.4"S 48°08'03.5"W	Citrumelo Swingle	Hamlin	2017
9	Itapetininga-206	23°33'12.2"S 48°08'40.2"W	Citrumelo Swingle	Hamlin	2017
10	Itapetininga-305	23°35'26.2"S 48°17'57.5"W	Citrumelo Swingle	Valencia	2008
11	Tabatinga	21°41'43" S 48°43'51"W	Tangerina Cleópatra	Hamlin	2005
12	Boa Esperança do Sul	21°55'38.4"S 48°37'46.4"W	Tangerina Sunki	Pêra Rio	2018
13	Iaras-191	22°46'50.2"S 49°01'53.0"W	Limão Cravo	Valencia	2007
14	Iaras-253	22°47'39.1"S 49°05'26.5"W	Limão Volkameriano	Valencia	2007
15	Matão	21°37'41.5"S 48°27'46.5"W	Citrumelo Swingle	Valencia	2004
16	Gavião Peixoto	21°42'44.38"S 48°25'2.93"W	Limão Volkameriano	Valencia	2006
17	Pirajuí-501	22°3'53.85"S 49°27'19.14"W	Citrumelo Swingle	Pêra Rio	2017
18	Pirajuí-502	22°3'31.53"S 49°27'29.69"W	Citrumelo Swingle	Pêra Rio	2017
19	Pirajuí-509	22°3'21.89"S 49°27'44.31"W	Citrumelo Swingle	Valencia	2017
20	Nova Europa	21°44'07.1"S 48°27'00.3"W	Citrumelo Swingle	Valencia	2021

3.3 Criação de *Brevipalpus yothersi* em laboratório

As populações de *B. yothersi* foram mantidas em frutos verdes de laranja-doce (*C. sinensis* L.), das variedades Valência, Natal e Pera, provenientes de pomares sem aplicação de acaricidas. Os frutos selecionados para a criação apresentavam massa entre 100 e 200 g e, antes da infestação, foram lavados em água corrente, higienizados com algodão e detergente neutro e secos com papel toalha. Posteriormente, cada fruto foi inspecionado sob microscópio estereoscópico (Olympus SZ61) para remoção de eventuais ácaros presentes em qualquer estágio de desenvolvimento, garantindo a obtenção de unidades experimentais livres de contaminação. Em seguida, os frutos foram parcialmente parafinados, delimitando-se uma arena de aproximadamente 20-25 cm², circundada por uma barreira de cola entomológica (Cola Tatoo®, Isca Tecnologias, Ijuí, Rio Grande do Sul, Brasil) para o confinamento dos ácaros. Considerando a preferência de *B. yothersi* por superfícies irregulares, principalmente para oviposição, parte da arena recebeu uma camada de uma mistura composta por areia fina, gesso, farinha de trigo e água, na proporção de 4:1:1:3, aplicada com auxílio de pincel (Figura 3).

Os frutos foram renovados em intervalos de 20 a 25 dias, mantendo-se o novo fruto em contato com a área infestada do fruto anterior para permitir a completa transferência dos ácaros. Durante as primeiras 48 horas, a migração dos indivíduos era monitorada e, caso não ocorresse ou fosse parcial, com menos de 10 ácaros transferidos, o fruto era considerado inadequado para a criação e substituído. Cada população foi mantida em seis a oito frutos,

acondicionados em bandejas plásticas para ovos de galinha, que serviram como suporte e identificação das unidades experimentais (Figura 3). As colônias permaneceram em criação por um período de quatro a seis meses, fornecendo indivíduos para a realização dos bioensaios. Durante todo o período experimental, os frutos foram mantidos em câmara climatizada a 25 ± 1 °C, umidade relativa de $60 \pm 5\%$ e fotofase de 12 horas.



Figura 3 - Aspecto geral dos frutos de laranja-doce sem resíduos de produtos químicos, devidamente preparados, utilizados na manutenção das populações de ácaros *Brevipalpus yothersi* em laboratório.

3.4 Identificação morfológica do ácaro-da-leprose dos citros

Para as identificações morfológicas preliminares, dez fêmeas adultas de cada população foram coletadas com o auxílio de um pincel de ponta fina sob estereomicroscópio (Olympus SZ61). Os espécimes foram montados em

lâminas de microscopia, dispostos dorso-ventralmente em meio de Hoyer, e mantidos em estufa a 50 °C por sete dias, conforme protocolo descrito por Walter e Krantz, 2009. Após esse período, as lâminas foram seladas com esmalte incolor e examinadas em microscópio de contraste de fase (Nikon Eclipse E200) equipado com micrômetro ocular, utilizando-se as chaves taxonômicas propostas por Beard et al., 2015. As imagens foram registradas por meio de uma câmera AxioCam MRc5 acoplada a um microscópio Zeiss Axioscope A×10 com contraste de fase. Posteriormente, ao término dos bioensaios, outras 40 fêmeas adultas de cada população foram coletadas, preparadas e identificadas pelo mesmo procedimento, totalizando 50 exemplares analisados por pomar. Os espécimes de referência (voucher) foram depositados na Coleção de Ácaros do Departamento de Zoologia e Botânica da Unesp, câmpus de São José do Rio Preto (DZB), São Paulo, Brasil.

3.5 Bioensaios toxicológicos

O acaricida utilizado nos bioensaios foi o propargito (Omite® 720 EC, 720 g L⁻¹, concentrado emulsionável, UPL do Brasil Indústria e Comércio de Insumos Agropecuários S.A., Ituverava/SP), registrado para a cultura dos citros junto ao Ministério da Agricultura e Pecuária (AGROFIT, 2025).

A caracterização toxicológica das populações de *B. yothersi* foi realizada por meio de bioensaios de contato direto, conduzidos em discos foliares de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC.; Fabaceae) com 80 mm de

diâmetro. Inicialmente, as fêmeas adultas foram transferidas para as arenas experimentais e, após trinta minutos, os tratamentos foram aplicados diretamente sobre os ácaros e a superfície foliar. As plantas utilizadas para obtenção dos discos foram cultivadas em casa de vegetação, em vasos com capacidade para 7 L, preenchidos com uma mistura de solo, areia e esterco bovino na proporção de 1:1:1,5. Os discos foliares, posicionados com a face abaxial voltada para cima, foram acondicionados em placas de Petri de vidro (90 mm de diâmetro × 14 mm de altura) contendo uma camada de espuma de 10 mm de espessura e uma camada de algodão hidrófilo, ambas umedecidas com água deionizada. Adicionalmente, os discos foram circundados por uma faixa de algodão umedecido, com a finalidade de manter a turgescência foliar e evitar a fuga das fêmeas durante os bioensaios (Figura 4).

Para a obtenção da curva concentração-resposta, foram avaliadas oito concentrações de propargito (Omite® 720 EC): 720, 360, 180, 90, 45, 22,5, 11,25 e 5,62 mg L⁻¹, utilizando-se água deionizada como solvente. As concentrações foram obtidas por diluições seriadas da concentração de campo recomendada para o produto, de modo que cada concentração correspondeu à metade da concentração imediatamente superior. Para cada concentração, foram realizadas seis repetições, cada uma composta por 25 fêmeas adultas de *B. yothersi*. Cada concentração foi avaliada em duas réplicas independentes, em dias distintos, sendo cada réplica constituída por três repetições. Discos foliares tratados apenas com água deionizada foram utilizados como controle.

As 25 fêmeas adultas foram transferidas para cada disco foliar com auxílio de um pincel de ponta fina e, após 30 minutos, os tratamentos foram aplicados

utilizando uma torre de pulverização Potter (Burkard Manufacturing Co. Ltd.). Cada placa de Petri recebeu 2 mL da respectiva solução de propargito, resultando em uma deposição média de $1,56 \text{ mg cm}^{-2}$, calibrada à pressão de 68,95 kPa. As aplicações foram realizadas em ordem crescente de concentração, da menor para a maior dose.

Após a pulverização, as placas foram mantidas sob as mesmas condições utilizadas para a criação das populações. A mortalidade das fêmeas adultas foi avaliada 48 horas após a exposição aos tratamentos, período definido com base na persistência da atividade biológica do propargito sobre *B. yothersi* por até 12 dias após a aplicação (Figura 6B) e em sua adequação para análises pelo modelo Probit. Ao final do período de exposição, as 25 fêmeas adultas foram reunidas no centro dos discos foliares com auxílio de um pincel, sendo consideradas mortas aquelas que não apresentavam movimentos vigorosos e coordenados das pernas. Todas as concentrações foram avaliadas em dias distintos para cada população.



Figura 4 - Aspecto geral das arenas preparadas em folhas de feijão-de-porco para confinamento dos ácaros *Brevipalpus yothersi*.

3.6 Monitoramento da suscetibilidade das populações

O monitoramento da suscetibilidade das 19 populações de *B. yothersi* ao propargito foi realizado por meio da comparação com a população de referência mantida no AcaroLab (Tabela 1). Para isso, utilizou-se uma concentração diagnóstica de 87,7 mg L⁻¹, estabelecida com base na CL₉₅ da população de referência (Tabela 3). As fêmeas adultas de cada população foram expostas a essa concentração com o objetivo de estimar a porcentagem de sobreviventes. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições por população, cada uma composta por 25 fêmeas adultas, totalizando 150 indivíduos avaliados. Cada população foi submetida a duas réplicas independentes, em dias distintos, sendo cada réplica constituída por três repetições.

3.7 Análise de dados

Os dados de mortalidade obtidos nos bioensaios foram inicialmente corrigidos pela fórmula de Abbott (ABBOTT, 1925) e, posteriormente, submetidos à análise Probit para a estimativa das concentrações letais capazes de causar 50% (CL₅₀) e 95% (CL₉₅) de mortalidade, bem como de seus

respectivos intervalos de confiança (IC 95%), coeficientes angulares (slope), valores de χ^2 e níveis de significância (P) (FINNEY, 1971). As análises foram realizadas utilizando o PROC PROBIT do software SAS (SAS Institute, 2024).

Os coeficientes angulares estimados pela análise Probit foram utilizados para avaliar a variância das populações. De acordo com Yu (2015), populações com coeficiente angular superior a 2 são consideradas relativamente homogêneas, enquanto valores inferiores a 1 indicam populações relativamente heterogêneas.

A concentração correspondente à CL₉₅ da população de referência Laboratório-AcaroLab foi adotada como concentração diagnóstica para o monitoramento da suscetibilidade das 19 populações avaliadas. Os dados de sobrevivência obtidos nessa concentração foram submetidos à análise de Comparação de Amostras Múltiplas. Os testes Multiple Range Test (Tukey HSD) e Kruskal-Wallis foram empregados para verificar a existência de diferenças significativas entre as médias e medianas das populações, utilizando o software Statgraphics Centurion XIX (STATGRAPHICS, 2009). Em todas as análises estatísticas, adotou-se nível de significância de 5%.

As razões de resistência (RR) foram determinadas pela divisão dos valores de CL₅₀ das populações do pomar pelo valor de CL₅₀ da população AcaroLab. Com base na escala de classificação proposta por Fukami et al., (1983), RR de <10, 10–40, 40–60 e >60 vezes foram classificados como baixo, moderado, alto e muito alto, respectivamente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Identificação morfológica do ácaro-da-leprose dos citros

Com base na morfologia, relatamos *B. yothersi* como a única espécie presente nas 20 localidades pesquisadas (Figura 5). As seguintes características morfológicas foram usadas para identificar *B. yothersi*: (1) Prodorsum: cutícula central com aréolas fortes; sublateral: região anterior fracamente reticulada para as cerdas v2, região posterior com reticulação formando células grandes; (2) opisthosoma: setas f2 ausentes, cutícula geralmente com chevrons fortes (dobras em forma de V) das setas e1-e1 para h1-h1 tornando-se mais fracas em direção a h1, e com seis pares de setas laterais; (3) palpo: palpo do fêmur com seta dorsal farpada e setiforme; (4) ventral: a placa ventral é uniformemente verrucosa com pequenas verrugas arredondadas, a placa genital é verrucosa-reticulada com células grandes. (5) espermateca: vesícula oval com forte estipe distal; (6) Perna II: com dois solenídios no tarso.

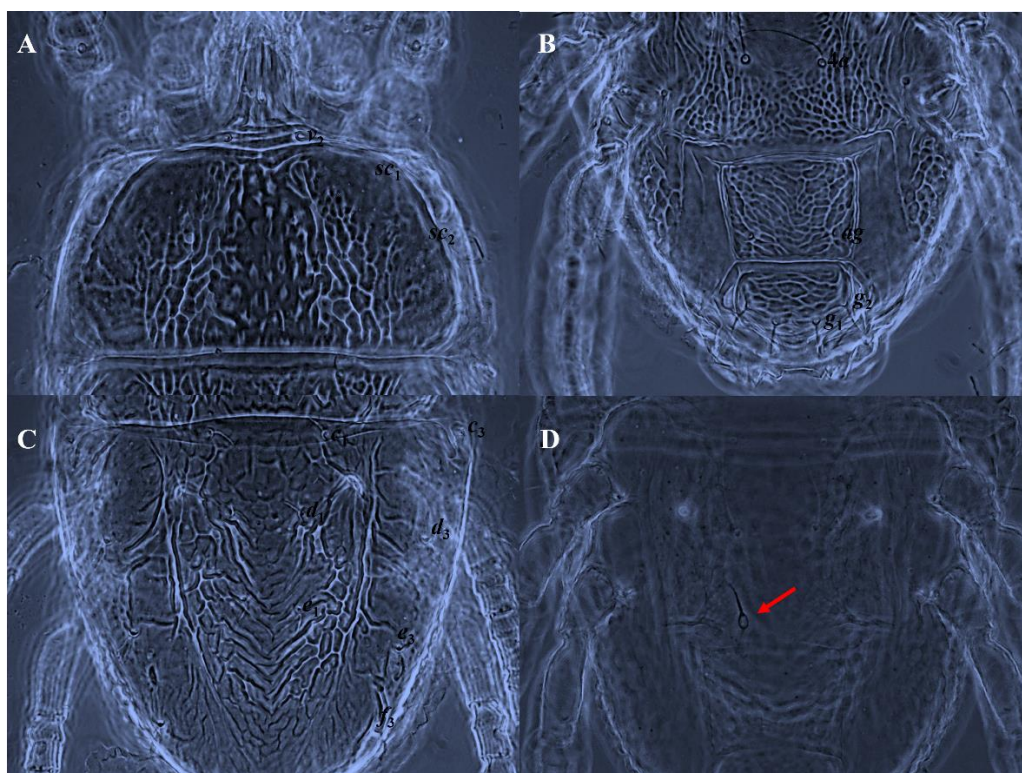


Figura 5 - *Brevipalpus yothersi* fêmea adulta; **(A)** – prodorso; **(B)** – ventre posterior, indicando placas ventral e genital; **(C)** – opistossoma; **(D)** – espermateca (seta vermelha indicando).

4.2 Bioensaios toxicológicos

As curvas de caracterização toxicológica da população de referência Laboratório-AcaroLab, obtidas a partir da exposição de *B. yothersi* a oito concentrações de propargito, estão apresentadas na Figura 6, enquanto os parâmetros estimados pela análise Probit encontram-se na Tabela 2. Em todas as populações avaliadas, a mortalidade observada no tratamento controle foi inferior a 5%, permitindo a correção adequada da mortalidade natural nos bioensaios. O modelo Probit apresentou bom ajuste aos dados de concentração-mortalidade, evidenciado pelos baixos valores de χ^2 ($< 10,54$) e elevados valores

de P ($> 0,05$), possibilitando a estimativa confiável das concentrações letais e dos demais parâmetros toxicológicos incluindo a CL_{50} e as respectivas razões de resistência.

Todas as populações de *B. yothersi* coletadas em pomares apresentaram baixas razões de resistência ao propargito (Tabela 2). Os valores de CL_{50} e CL_{95} variaram de 15,35 a 94,54 mg L⁻¹ e de 59,99 a 978,43 mg L⁻¹, respectivamente. As razões de resistência oscilaram entre 0,44 e 2,70 vezes, sendo os maiores valores observados nas populações de Monte Alegre de Minas (2,70 vezes) e Boa Esperança do Sul (1,54 vezes). Para as demais populações, as razões de resistência foram inferiores a 1,00 vez. Com base nos coeficientes angulares obtidos pela análise Probit, todas as populações apresentaram estrutura homogênea em resposta ao propargito (coeficiente angular $> 1,0$). Das 20 populações avaliadas, 15 foram classificadas como altamente homogêneas (coeficiente angular $> 2,0$), enquanto as cinco restantes apresentaram menor grau de homogeneidade, embora ainda fossem consideradas homogêneas (coeficiente angular entre 1,0 e 2,0) (Tabela 2).

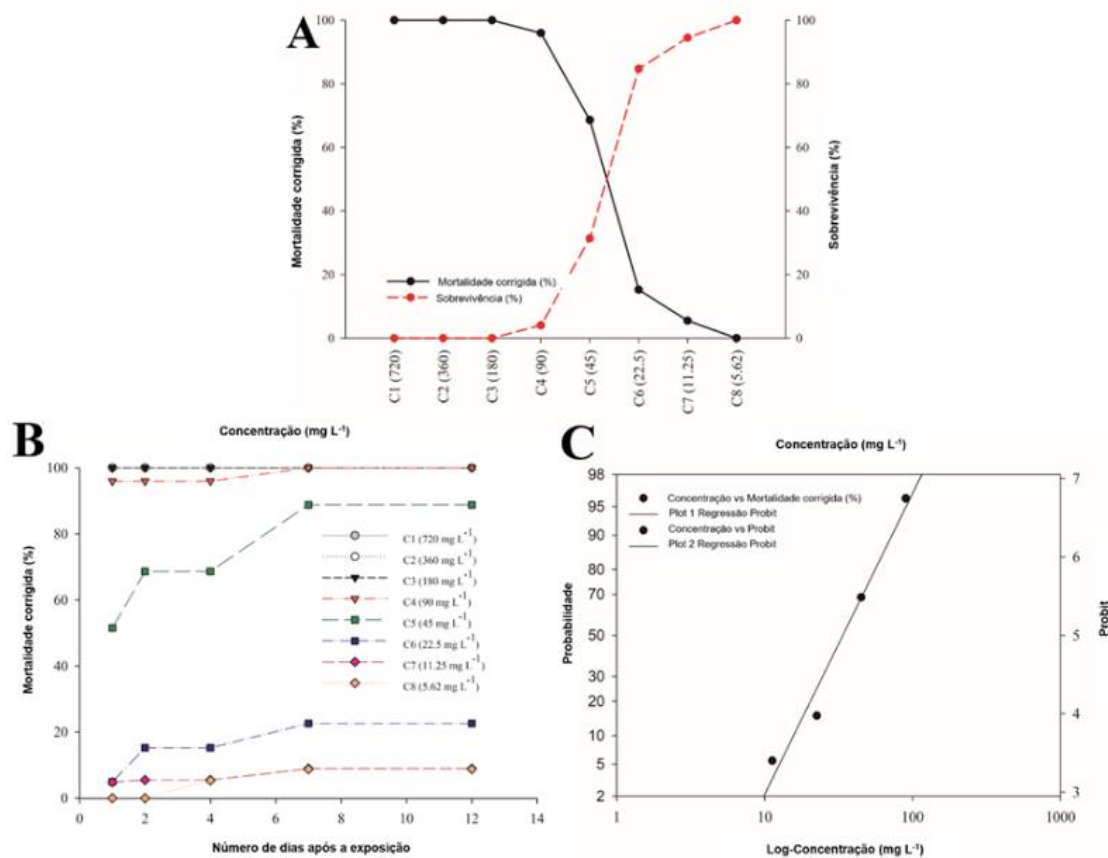


Figura 6 - Curvas de caracterização toxicológica do *Brevipalpus yothersi* da população Laboratório-AcaroLab em *Canavalia ensiformis* expostos ao acaricida propargito; **(A)** – Curvas de concentração-eficiência e concentração-sobrevivência (linha vermelha), avaliadas 48 horas após a exposição às concentrações do acaricida; **(B)** – Eficiência de controle das concentrações avaliadas até 12 dias após a aplicação; **(C)** – Curvas concentração-resposta obtidas por análise probit.

Tabela 2 - Status de resistência das populações de *Brevipalpus yothersi* após 48 horas de exposição com propargito.

Nº	População	CA ^a ±EP	CL ₅₀ (mg.L ⁻¹)	95% IC ^b	CL ₉₅ (mg.L ⁻¹)	95% IC	χ ² ^c	P ^d	RR ^e
1	Laboratorio-AcaroLab	4,11 ± 0,30	34,97	31,91 - 38,36	87,7	75,78 - 105,66	6,9	0,32	-
2	Bebedouro	2,21 ± 0,13	27,94	24,54 - 31,71	154,28	125,04 - 199,54	8,49	0,2	0,8
3	Guapiaçu	2,65 ± 0,18	18,09	16,05 - 20,32	75,43	62,17 - 96,17	6,52	0,36	0,52
4	Monte Alegre de Minas	1,62 ± 0,09*	94,53	81,24 - 110,46	978,43	728,35 - 1406	8,97	0,17	2,7
5	Itápolis	2,75 ± 0,18	22,46	20,04 - 25,14	88,82	73,53 - 112,47	8,45	0,2	0,64
6	Barretos	2,34 ± 0,15	22,14	19,48 - 25,05	111,58	90,71 - 144,37	5,75	0,45	0,63
7	Reginópolis	2,02 ± 0,13	22,26	19,32 - 25,49	144,44	115,00 - 191,64	8,59	0,19	0,64
8	Itapetininga-204	2,92 ± 0,21	16,41	14,65 - 18,32	59,98	49,87 - 75,87	10,4	0,1	0,47
9	Itapetininga-206	2,41 ± 0,16	18,42	16,20 - 20,83	88,62	72,20 - 114,62	5,53	0,47	0,53
10	Itapetininga-305	2,86 ± 0,18	24,56	21,98 - 27,43	92,25	76,91 - 115,64	6,81	0,33	0,7
11	Tabatinga	1,70 ± 0,11*	18,38	15,46 - 21,52	170,52	131,99 - 234,95	8,69	0,19	0,53
12	Boa Esperança do Sul	1,89 ± 0,10*	53,89	46,95 - 61,81	399,26	314,86 - 532,29	9,5	0,14	1,54
13	Iaras-191	2,17 ± 0,14	21,18	18,49 - 24,13	121,28	97,64 - 158,80	8,3	0,21	0,61
14	Iaras-253	2,67 ± 0,16	29,82	26,59 - 33,44	122,94	101,86 - 154,93	7,56	0,27	0,85
15	Matão	1,92 ± 0,11*	34,78	30,26 - 39,86	247,84	196,32 - 329,32	9,72	0,13	0,99
16	Gavião Peixoto	2,46 ± 0,16	18,27	16,11 - 20,63	85,08	69,51 - 109,64	5,35	0,49	0,52
17	Pirajuí-501	2,62 ± 0,16	26,95	23,98 - 30,25	113,78	94,21 - 143,54	7,31	0,29	0,77
18	Pirajuí-502	2,35 ± 0,16	15,34	13,38 - 17,44	76,82	62,42 - 99,91	3,57	0,73	0,44
19	Pirajuí-509	2,46 ± 0,15	24,82	21,99 - 27,97	115,15	94,22 - 147,59	8,83	0,18	0,71
20	Nova Europa	1,75 ± 0,10*	25,31	21,67 - 29,33	218,1	169,96 - 296,49	5,15	0,52	0,72

^aCA: Coeficiente angular e EP: erro padrão obtido a partir da análise Probit.

^bIntervalo de confiança da concentração letal (Limite inferior - Limite superior).

^cValor qui-quadrado

^dValores de *p* correspondentes altos (ou seja, *P* > 0,05) indicam ajuste adequado ao modelo Probit.

^eRazão de resistência (CL₅₀ da população do pomar/CL₅₀ da população do AcaroLab).

*Populações com baixa homogeneidade (coeficiente angular > 1,0); sem asterisco = alta homogeneidade (coeficiente angular > 2,0)

4.3 Monitoramento da suscetibilidade das populações

A concentração diagnóstica estabelecida para o monitoramento da suscetibilidade de *B. yothersi* ao propargito foi de 87,7 mg L⁻¹, definida com base nos parâmetros estimados para a população de referência do Laboratório-AcaroLab (Tabela 2). Nessa concentração, foi observada mortalidade média de 94,63% ($\pm 1,69$) na população suscetível de referência (Tabela 3), demonstrando sua adequação para a detecção de possíveis alterações na suscetibilidade das populações de campo.

A avaliação das 19 populações coletadas em pomares comerciais revelou diferenças significativas na suscetibilidade ao propargito, conforme indicado pelos testes de comparação de médias de Tukey (HSD) ao nível de 95% de confiança (Tabela 3 e Figura 7). A porcentagem de sobrevivência das fêmeas adultas expostas à concentração diagnóstica variou de 3,35% a 54,79%, com diferenças significativas entre as populações ($F = 37,29$; $gl = 19$; $p < 0,001$; $H = 82,18$; $gl = 19$; $p < 0,001$). As maiores taxas de sobrevivência foram registradas nas populações provenientes de Monte Alegre de Minas (54,79%) e Boa Esperança do Sul (34,48%), indicando menor suscetibilidade ao acaricida. Em contraste, a maioria das populações apresentou sobrevivência inferior a 15%. Quando comparadas à população Laboratório-AcaroLab, apenas as populações de Monte Alegre de Minas e Boa Esperança do Sul diferiram estatisticamente, enquanto as demais não apresentaram diferenças significativas (Tabela 3 e Figura 7).

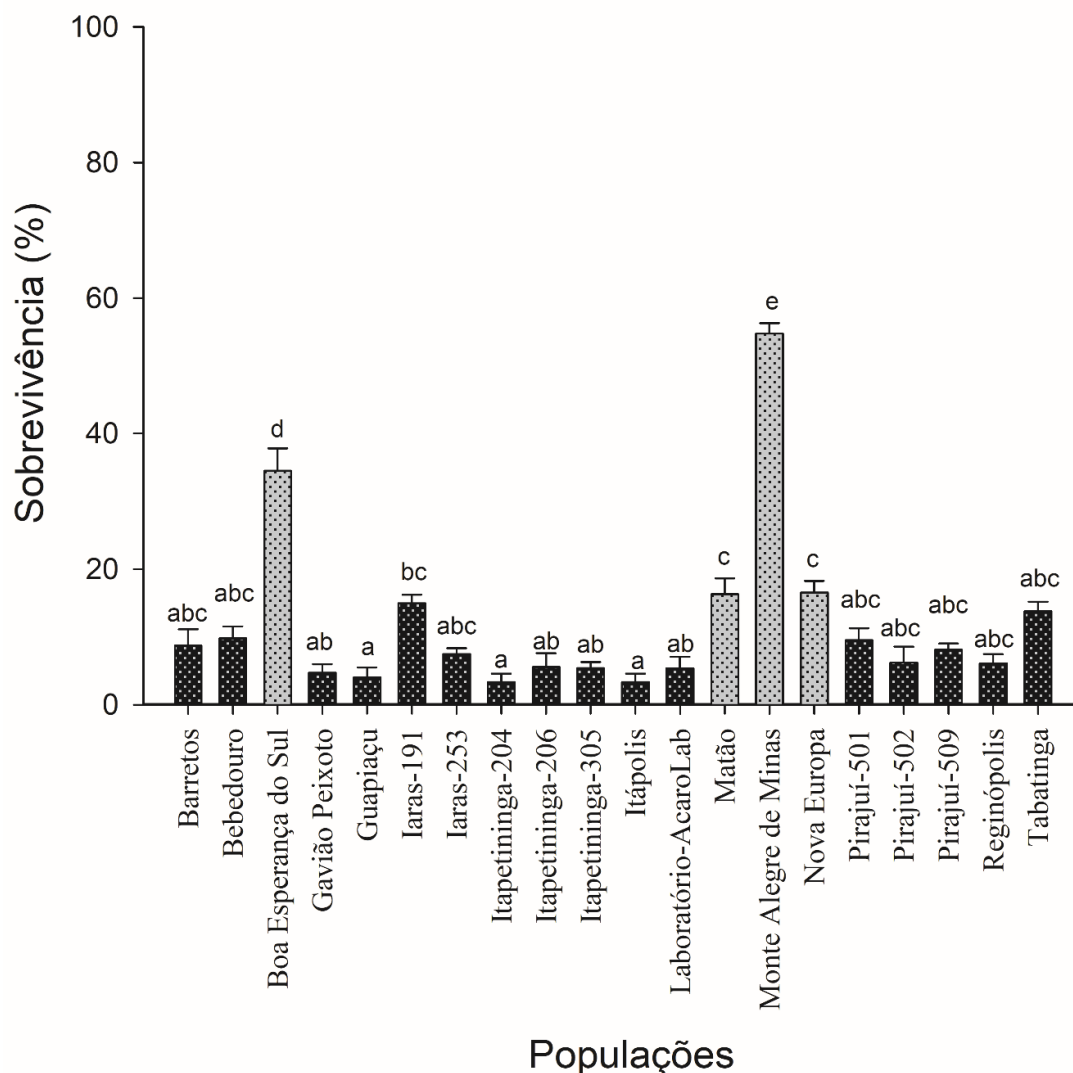


Figura 7 - Sobrevivência (%) de fêmeas adultas de *Brevipalpus yothersi* de diferentes populações após 48 h de exposição à concentração diagnóstica de propargito (87,7 mg L⁻¹).

Nota: Letras diferentes sobre as colunas indicam diferenças estatisticamente significativas entre as populações pelo teste de Tukey (HSD; $p < 0,05$). Os tratamentos foram agrupados em cinco grupos homogêneos, nos quais não foram observadas diferenças estatisticamente significativas. Barras com a mesma coloração da população Laboratório-AcaroLab não diferem estatisticamente dessa população.

Tabela 3 - Sobrevivência de *Brevipalpus yothersi* a uma concentração diagnóstica de 87,7 mg de propargito L⁻¹

Nº	População	Sobrevivência (%) $\pm$ EP ^{1,3}	95% IC (Limite inferior- Limite superior) ²
1	Laboratorio-AcaroLab	5,37 $\pm$ 1,69 ^{ab}	1,00 – 9,73
2	Bebedouro	9,79 $\pm$ 1,76 ^{abc}	5,24 – 14,33
3	Guapiaçu	4,02 $\pm$ 1,46 ^a	0,24 – 7,80
4	Monte Alegre de Minas	54,79 $\pm$ 2,29 ^e	48,90 – 60,68
5	Itápolis	3,35 $\pm$ 1,23 ^a	0,17 – 6,53
6	Barretos	8,72 $\pm$ 2,41 ^{abc}	2,50 – 14,94
7	Reginópolis	6,12 $\pm$ 0,91 ^{abc}	3,77 – 8,46
8	Itapetininga-204	3,35 $\pm$ 1,23 ^a	0,17 – 6,53
9	Itapetininga-206	5,55 $\pm$ 2,05 ^{ab}	0,26 – 10,84
10	Itapetininga-305	5,40 $\pm$ 1,70 ^{ab}	1,00 – 9,79
11	Tabatinga	13,79 $\pm$ 1,37 ^{abc}	10,24 – 17,33
12	Boa Esperança do Sul	34,48 $\pm$ 3,32 ^d	25,94 – 43,02
13	Iaras-191	14,96 $\pm$ 4,03 ^{bc}	4,58 – 25,34
14	Iaras-253	7,48 $\pm$ 1,25 ^{abc}	4,25 – 10,70
15	Matão	16,32 $\pm$ 2,35 ^c	10,26 – 22,38
16	Gavião Peixoto	4,72 $\pm$ 1,24 ^{ab}	1,52 – 7,93
17	Pirajuí-501	9,52 $\pm$ 1,72 ^{abc}	5,09 – 13,94
18	Pirajuí-502	6,20 $\pm$ 1,77 ^{abc}	1,65 – 10,76
19	Pirajuí-509	8,10 $\pm$ 2,34 ^{abc}	2,09 – 14,12
20	Nova Europa	16,55 $\pm$ 1,51 ^c	12,66 – 20,43

¹Esta tabela mostra a média $\pm$ EP de sobrevivência (%) e oviposição (%) para cada população. ²A tabela também exibe um intervalo de confiança de 95,0% para cada média separadamente (Limite inferior- Limite superior). ³Médias $\pm$ EP seguidas pela mesma letra não diferem no nível de significância de 5% (teste de Tukey).

4.4 Discussão

Espécies de ácaros, assim como insetos e fitopatógenos, estão constantemente sujeitas à pressão de seleção decorrente do uso intensivo de produtos químicos nas lavouras. Historicamente, os acaricidas sintéticos constituem a principal ferramenta para o manejo de ácaros fitófagos, porém sua utilização prolongada e excessiva, associada a características biológicas favoráveis desses organismos, como elevada capacidade reprodutiva e ciclos de vida curtos, tem levado à evolução da resistência a diversos ingredientes ativos (ROY et al., 2018; PAN et al., 2020; AKBAY et al., 2024).

A seleção de resistência ao propargito já foi amplamente documentada em outras espécies de ácaros. Aguilar-Mendel et al. (2011) relataram que populações de *T. urticae* provenientes das regiões de Villa Guerrero e Tenancingo, no Estado do México, apresentaram elevados níveis de resistência ao propargito, com razões de resistência (RR_{50}) de até 4.900 vezes e RR_{95} superiores a 365.000 vezes em comparação com uma população suscetível. Esses resultados demonstram que o uso contínuo de um mesmo mecanismo de ação, sem a adoção de estratégias adequadas de manejo da resistência, pode promover rápida seleção de indivíduos resistentes. Em contraste, os níveis de resistência observados no presente estudo para *B. yothersi* foram substancialmente inferiores, indicando que o propargito ainda mantém elevada eficácia para o controle dessa espécie nas regiões avaliadas.

O propargito atua como inibidor da fosforilação oxidativa nas mitocôndrias, interferindo na respiração celular e comprometendo a produção de ATP. Como consequência, os ácaros morrem por exaustão energética. Além disso, o produto apresenta elevada persistência sobre o material vegetal, característica que contribui para sua eficiência no controle do ácaro-da-leprose, mas que também pode aumentar a pressão de seleção quando utilizado repetidamente em uma mesma área. Em populações submetidas a sucessivas aplicações, indivíduos capazes de sobreviver à exposição tendem a aumentar sua frequência ao longo das gerações, favorecendo a evolução da resistência.

Apesar disso, os resultados obtidos neste trabalho indicaram baixos níveis de resistência ao propargito. A maior razão de resistência observada foi de 2,70 vezes na população de Monte Alegre de Minas, valor consideravelmente inferior

aos relatados para outras espécies de ácaros fitófagos. Esse resultado sugere que, embora exista variabilidade na suscetibilidade entre as populações avaliadas, o propargito permanece efetivo para o manejo de *B. yothersi* nas regiões estudadas.

Os baixos níveis de resistência observados podem estar relacionados, em parte, à redução da pressão de seleção exercida por esse acaricida ao longo dos últimos anos. Caso anterior de resistência de *B. yothersi* ao propargito foi relatado por Franco (2002). Entretanto, em decorrência das restrições impostas pelo Regulamento de Implementação (UE) nº 943/2011 da Comissão Europeia, relacionadas à avaliação de risco toxicológico do ingrediente ativo, o propargito foi retirado da Lista de Produção Integrada de Citros (PIC), atual programa ProteCitrus, sem que isso implicasse o cancelamento de seu registro no Brasil. Essa restrição limitou sua recomendação no sistema de produção integrada de citros. Em 2018, após a revisão dos Limites Máximos de Resíduos (LMR) para frutos destinados ao mercado europeu, o propargito voltou a integrar a lista de produtos autorizados pela Produção Integrada de Citros, sendo posteriormente mantido no programa ProteCitrus. Dessa forma, a interrupção temporária da utilização do produto pode ter contribuído para a redução da frequência de indivíduos resistentes nas populações de campo, favorecendo a manutenção dos baixos níveis de resistência observados neste estudo.

Além disso, durante esse período, novos acaricidas com diferentes modos de ação passaram a ser disponibilizados para a citricultura, incluindo espirodiclofeno, hexitiazoxi, ciflumetofem e isocicloseram. A utilização desses produtos em programas de rotação provavelmente contribuiu para diversificar as

estratégias de controle e reduzir a pressão seletiva exercida especificamente pelo propargito, retardando a evolução da resistência.

Embora os níveis de resistência tenham sido baixos, algumas características biológicas de *B. yothersi* indicam elevado potencial para a seleção de resistência quando submetido a pressão contínua de seleção. A espécie apresenta reprodução por partenogênese telítoca, processo no qual fêmeas são originadas a partir de ovos não fertilizados e, conseqüentemente, possuem constituição genética idêntica à da progenitora (HELLE et al., 1980; WEEKS et al., 2001). Nessas condições, indivíduos resistentes transmitem integralmente seu genótipo à descendência, favorecendo o aumento da frequência de alelos de resistência na população (OMOTO, 1998; ROCHA et al., 2021).

Outro fator relevante é a limitada capacidade de dispersão da espécie. Alves et al. (2005) demonstraram que indivíduos de *B. yothersi* se deslocam entre 1 e 7,3 cm por dia, atingindo um deslocamento máximo aproximado de 50 cm ao longo de toda a vida. Como consequência, populações suscetíveis e resistentes tendem a permanecer relativamente isoladas, reduzindo o fluxo gênico entre elas e favorecendo a manutenção local de indivíduos resistentes.

As diferentes respostas observadas entre as populações avaliadas refletem, provavelmente, diferenças nos históricos locais de manejo e na intensidade da pressão de seleção exercida pelos acaricidas. Segundo informações obtidas junto aos produtores das áreas de coleta, o propargito continua sendo amplamente utilizado em algumas regiões devido ao seu prolongado efeito residual, que pode alcançar até 120 dias (MORSE et al., 1987;

OLIVEIRA et al., 1997; SCARPELLINI et al., 2002). Dessa forma, é possível que as populações de Monte Alegre de Minas e Boa Esperança do Sul tenham sido submetidas a uma pressão de seleção mais intensa em comparação às demais populações avaliadas. Resultados semelhantes foram relatados por Pan et al. (2020) e Akbay et al. (2024), que observaram variações nos níveis de resistência entre populações de uma mesma espécie em função de diferenças na exposição aos acaricidas.

Portanto, embora os resultados indiquem que o propargito ainda apresenta elevada eficácia no controle de *B. yothersi*, as diferenças observadas entre populações demonstram que a suscetibilidade ao produto não é uniforme e pode ser influenciada por fatores locais. Nesse contexto, programas de manejo da resistência devem priorizar a rotação de acaricidas com diferentes modos de ação e ser fundamentados em dados locais e regionais de monitoramento, de forma a preservar a eficiência do propargito e retardar a evolução da resistência nas populações do ácaro-da-leprose.

5 CONCLUSÕES

As populações de *B. yothersi* avaliadas apresentaram baixos níveis de resistência ao propargito, indicando que esse acaricida continua sendo uma ferramenta eficaz para o controle do ácaro-da-leprose dos citros nas regiões estudadas.

As diferenças observadas entre as populações sugerem que a suscetibilidade ao propargito pode ser influenciada pelo histórico local de uso de acaricidas e pela intensidade da pressão de seleção. Dessa forma, o monitoramento periódico da resistência é fundamental para detectar alterações na suscetibilidade e subsidiar estratégias de manejo integrado mais eficientes.

Por fim, a rotação de acaricidas com diferentes modos de ação, associada ao monitoramento local das populações, constitui uma estratégia essencial para preservar a eficácia do propargito e retardar a seleção da resistência em *B. yothersi*.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v. 18, n. 2, p. 265-267, 1925. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>.

AGROFIT. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Brasília, DF: Ministério da Agricultura e Pecuária. Disponível em: <https://agrofit.agricultura.gov.br>. Acesso em: 4 out. 2025.

AGUILAR-MEDEL, S.; DÍAZ-GÓMEZ, O.; RODRÍGUEZ-MACIEL, J. C.; GONZÁLEZ-CAMACHO, J. E.; GARCÍA-VELASCO, R.; MARTÍNEZ-CARRILLO, J. L.; RESÉNDIZ-GARCÍA, B. Resistencia de *Tetranychus urticae* Koch a acaricidas usados en la producción de rosal de invernadero en México. **Southwestern Entomologist**, v. 36, n. 3, p. 363-371, 2011.

AKBAY, H.; ALPKENT, Y. N.; ULUSOY, S.; KAZAK, C. Low acaricide resistance levels in citrus orchards field populations of the invasive spider mite *Eutetranychus orientalis* (Acari: Tetranychidae) collected from southern Türkiye. **Crop Protection**, v. 186, p. 106918, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2024.106918>.

ALVES, E. B.; CASARIN, N. F. B.; OMOTO, C. Mecanismos de dispersão de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) em pomares de citros. **Neotropical Entomology**, v. 34, p. 89-96, 2005.

AMARAL, I.; MORAES, G. J. de; MELVILLE, C. C.; ANDRADE, D. J. Factors affecting prevailing population levels of *Brevipalpus yothersi* (Acari: Tenuipalpidae) in citrus areas affected by citrus leprosis in the State of São Paulo, Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, v. 74, p. 395-402, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10493-018-0239-x>.

ANDRADE, D. J.; LORENÇON, J. R.; SIQUEIRA, D. S.; NOVELLI, V. M.; BASSANEZI, R. B. Space-time variability of citrus leprosis as strategic planning for crop management. **Pest Management Science**, v. 74, n. 8, p. 1798-1803, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.4877>.

ARENA, G. D.; RAMOS-GONZÁLEZ, P. L.; NUNES, M. A.; RIBEIRO-ALVES, M.; CAMARGO, L. E. A.; KITAJIMA, E. W.; MACHADO, M. A.; FREITAS-ASTÚA, J. Citrus leprosis virus C infection results in hypersensitive-like response, suppression of the JA/ET plant defense pathway and promotion of the colonization of its mite vector. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 1757, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01757>.

BASSANEZI, R. B. *et al.* Doenças dos citros. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (org.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 5. ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres, 2016. v. 2, p. 271-306.

BASSANEZI, R. B. Fatores que dificultam o controle do ácaro da leprose. **Fundecitrus**, 25 jan. 2018. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/noticias/fatores-que-dificultam-o-controle-do-acaro-da-leprose/>. Acesso em: 18 jun. 2026.

BASSANEZI, R. B. **Leprose dos citros: medidas essenciais de controle**. 2. ed. Araraquara: Fundecitrus, 2017. Disponível em: http://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/download_manual/50. Acesso em: 16 jul. 2022.

BASSANEZI, R. B.; CZERMAINSKI, A. B. C.; LARANJEIRA, F. F.; MOREIRA, A. S.; RIBEIRO, P. J. J.; KRAINSKI, E. T.; AMORIM, L. Spatial patterns of the *Citrus leprosis virus* and its associated mite vector in systems without intervention. **Plant Pathology**, v. 68, p. 85-93, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppa.12930>.

BASTIANEL, M.; FREITAS-ASTÚA, J.; KITAJIMA, E. W.; MACHADO, M. A. The citrus leprosis pathosystem. **Summa Phytopathologica**, v. 32, n. 3, p. 211-220, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-54052006000300001>.

BASTIANEL, M.; NOVELLI, V. M.; KITAJIMA, E. W.; KUBO, K. S.; BASSANEZI, R. B.; MACHADO, M. A.; FREITAS-ASTÚA, J. Citrus leprosis: centennial of an unusual mite-virus pathosystem. **Plant Disease**, v. 94, n. 3, p. 284-292, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-94-3-0284>.

BEARD, J. J.; OCHOA, R.; BRASWELL, W. E.; BAUCHAN, G. R. *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) species complex (Acari: Tenuipalpidae): a closer look. **Zootaxa**, v. 3944, n. 1, p. 1-67, 2015.

BOARETTO, M. A. C.; CHIAVEGATO, L. G.; SILVA, C. A. D. Transmissão da leprose dos citros através de fêmeas de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) e de seus descendentes, em condições de laboratório. **Científica**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 245-256, 1993.

CAMPOS, F. J.; OMOTO, C. Resistance to hexythiazox in *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) from Brazilian citrus. **Experimental and Applied Acarology**, v. 26, p. 243-251, 2002.

CHABI-JESUS, C.; RAMOS-GONZÁLEZ, P. L.; POSTCLAM-BARRO, M.; FONTENELE, R. S.; HARAKAVA, R.; BASSANEZI, R. B.; MOREIRA, A. S.; KITAJIMA, E. W.; VARSANI, A.; FREITAS-ASTÚA, J. Molecular epidemiology of *Citrus leprosis virus* C: a new viral lineage and phylodynamic of the main viral subpopulations in the Americas. **Frontiers in Microbiology**, v. 12, p. 641252, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.641252>.

CORDEIRO, E. M. G.; MOURA, I. L. T.; FADINI, M. A. M.; GUEDES, R. N. C. Beyond selectivity: are behavioral avoidance and hormesis likely causes of pyrethroid-induced outbreaks of the southern red mite *Oligonychus ilicis*?

Chemosphere, v. 93, p. 1111-1116, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.06.030> .

COSTA, A. P. M. **Alterações bioecológicas associadas ao aumento populacional de *Brevipalpus yothersi* Baker (Acari: Tenuipalpidae) e *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) após a aplicação de inseticidas em citros**. 2018. Dissertação (Mestrado Profissional em Controle de Doenças e Pragas dos Citrus) - Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus), Araraquara, 2018.

DELLA-VECHIA, J. F. D.; FERREIRA, M. C.; ANDRADE, D. J. Interaction of spiroticlofen with insecticides for the control of *Brevipalpus yothersi* in citrus. **Pest Management Science**, v. 74, n. 10, p. 2438-2444, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.4930> .

DELLA-VECHIA, J. F. **Interação entre produtos fitossanitários no manejo de *Brevipalpus yothersi* e *Diaphorina citri* na cultura dos citros**. 2017. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Entomologia Agrícola) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2017.

DELLA-VECHIA, J. F.; FERREIRA, M. C.; ANDRADE, D. J. Lethal and sublethal effects of insecticides on the survival and reproduction of *Brevipalpus yothersi* (Acari: Tenuipalpidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 85, p. 191-204, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10493-021-00672-w>.

ESCOBAR-GARCIA, H. A.; ANDRADE, D. J. Monitoring spiroticlofen resistance in female *Brevipalpus yothersi* (Acari: Tenuipalpidae) from citrus orchards in Southeastern Brazil. **Agricultural and Forest Entomology**, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/afe.70042>.

ESCOBAR-GARCIA, H. A.; ANDRADE, D. J. Níveis de resistência de populações brasileiras de *Brevipalpus yothersi* (Acari: Tenuipalpidae) ao hexitiazox: monitoramento e desempenho populacional. **Journal of Economic Entomology**, v. 118, n. 5, p. 2555-2569, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/toaf165>.

FENG, K.; WEN, X.; HE, X.; WEI, P.; SHI, L.; YANG, Y.; HE, L. Resistant inheritance and cross-resistance of cyflumetofen in *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 148, p. 28-33, 2018.

FERREIRA, C. B. S.; ANDRADE, F. H. N.; RODRIGUES, A. R. S.; SIQUEIRA, H. A. A.; GONDIM, M. G. C. Resistance in field populations of *Tetranychus urticae* to acaricides and characterization of the inheritance of abamectin resistance. **Crop Protection**, v. 67, p. 77-83, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.09.022>.

FINNEY, D. J. **Probit analysis**. Cambridge: Cambridge University Press, 1971.

FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE (FAS). **Production, supply and distribution: oranges**. Washington, DC: United States Department of Agriculture, [s.d.]. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/production/0571120>. Acesso em: 30 maio 2026.

FRANCO, C. R. **Detection and characterization of *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) resistance to the acaricide propargite**. 2002. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002. DOI: <https://doi.org/10.11606/D.11.2003.tde-19022003-164223>.

FRANCO, C. R.; CASARIN, N. F. B.; DOMINGUES, F. A.; OMOTO, C. Resistance of *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) to acaricides that inhibit cellular respiration in citrus: cross-resistance and fitness. **Neotropical Entomology**, v. 36, p. 565-575, 2007.

FUKAMI, J.; UESUGI, Y.; ISHIZUKA, K. **Pest resistance to pesticides**. Tokyo: Soft Science Inc., 1983.

FUNDECITRUS. **Fechamento da safra de laranja 2025/26**. Araraquara, 2026. Disponível em: https://www.fundecitrus.com.br/wp-content/uploads/2026/04/0426_Fechamento-da-Safra-de-Laranja.pdf. Acesso em: 30 maio 2026.

FUNDECITRUS. **Manual de leprose dos citros: medidas essenciais de controle**. 3. ed. Araraquara: Fundecitrus, 2019. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/wp-content/uploads/2025/07/Manual-Leprose.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2026.

FUNDECITRUS. Safra de laranja 2024/25 é encerrada com produção total de 230,87 milhões de caixas. **Fundecitrus**, Araraquara, 10 abr. 2025. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/noticias/safra-de-laranja-202425-e-encerrada-com-producao-total-de-23087-milhoes-de-caixas/>. Acesso em: 4 out. 2025.

GUEDES, R. N. C.; MAGALHÃES, L. C.; COSME, L. V. Stimulatory sublethal response of a generalist predator to permethrin: hormesis, hormoligosis, or homeostatic regulation? **Journal of Economic Entomology**, v. 102, n. 1, p. 170-176, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1603/029.102.0125>.

HALL, F. R.; THACKER, J. R. M. Laboratory studies on effects of three permethrin formulations on mortality, fecundity, feeding, and repellency of the twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 86, n. 2, p. 537-543, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/86.2.537>.

HARDMAN, J. M.; FRANKLIN, J. L.; MOREAU, D. L.; BOSTANIAN, N. J. An index for selective toxicity of miticides to phytophagous mites and their predators

based on orchard trials. **Pest Management Science**, v. 59, n. 12, p. 1321-1332, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.769> .

HELLE, W.; BOLLAND, H. R.; HEITMANS, W. R. B. Chromosomes and types of parthenogenesis in the false spider mites (Acari: Tenuipalpidae). **Genetica**, v. 54, p. 45-50, 1980. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00122407>.

KITAJIMA, E. W.; NOVELLI, V. M.; ALBERTI, G. Part 1: An update on the biology and economical importance of *Brevipalpus* mites. In: ALBERTI, G.; KITAJIMA, E. W. (ed.). **Anatomy and fine structure of *Brevipalpus* mites (Tenuipalpidae): economically important plant-virus vectors**. Stuttgart: Zoologica, v. 160, p. 1-10, 2014.

KNOWLES, C. O.; HAMED, M. S. Propargite metabolism in bulb mite (Acari: Acaridae). **Journal of Economic Entomology**, v. 83, n. 1, p. 63-66, 1990. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/83.1.63>.

KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. (ed.). **A Manual of Acarology**. 3. ed. Lubbock: Texas Tech University Press, 2009.

LARANJEIRA, F. F.; SILVA, S. X. B.; ANDRADE, E. C.; ALMEIDA, D. O.; SILVA, T. S. M.; SOARES, A. C. F.; FREITAS-ASTÚA, J. Infestation dynamics of *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) in citrus orchards as affected by edaphic and climatic variables. **Experimental and Applied Acarology**, v. 66, n. 4, p. 491-508, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10493-015-9920-4> .

LUO, Y. J.; YANG, Z. G.; XIE, D. Y.; DING, W.; DA, A. S.; NI, J.; LI, S. X. Molecular cloning and expression of glutathione S-transferases involved in propargite resistance of the carmine spider mite, *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 114, p. 44-51, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2014.07.002> .

MESA, N. C.; OCHOA, R.; WELBOURN, W. C.; EVANS, G. A.; MORAES, G. J. de. **A catalog of the Tenuipalpidae (Acari) of the World with a key to genera**. **Zootaxa**, v. 2098, n. 1, p. 1-185, 2009.

MEYER, R. H. Management of phytophagous and predatory mites in Illinois orchards. **Environmental Entomology**, v. 3, n. 2, p. 333-340, 1974. DOI: <https://doi.org/10.1093/ee/3.2.333>.

MINEIRO, J. L. C.; SATO, M. E.; NOVELLI, V. M.; ANDRADE, D. J. Distribuição de *Brevipalpus yothersi* Baker, 1949 (Acari: Tenuipalpidae) em diferentes hospedeiras e localidades no estado de São Paulo. **Biológico**, v. 77, p. 73-111, 2015.

MIRANDA, M. P.; VOLPE, H. X. L.; VEIGA, A. C. P.; ZANARDI, O. Z.; BASSANEZI, R. B.; ANDRADE, D. J.; CARMO-SOUSA, M. Manejo de insetos e

ácaros vetores fitopatógenos nos citros. **Informe Agropecuário**, v. 38, n. 297, p. 1-25, 2017.

MOHAMMADZADEH, M.; BANDANI, A. R.; SABAHI, Q. Comparison of susceptibility of two populations of *Tetranychus urticae* Koch to two acaricides, abamectin and propargite. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, v. 47, n. 17, p. 2112-2123, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/03235408.2013.874101>.

MORSE, J. G.; BELLOWS, T. S.; GASTON, L. K.; IWATA, Y. Residual toxicity of acaricides to three beneficial species on California citrus. **Journal of Economic Entomology**, v. 80, n. 4, p. 953-960, 1987. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/80.4.953>.

NOVELLI, V. M.; FREITAS-ASTÚA, J.; ANTONIOLI-LUIZON, R.; LOCALI, E. C.; ARRIVABEM, F.; HILF, M. E.; GOTTWALD, T. R.; MACHADO, M. A. Detecção do vírus da leprose-dos-citros (CiLV-C) através de RT-PCR em diferentes fases de desenvolvimento do ácaro-vetor (*Brevipalpus phoenicis*). In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA**, 38., 2005, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 2005. p. 183.

OLIVEIRA, C. A. L.; MATUO, T.; SANTOS, J. E.; TOLEDO, M. C. Effect of spreader-sticker on the efficacy of miticides propargite and cyhexatin to control *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) on citrus. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 26, n. 3, p. 487-493, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0301-80591997000300011>.

OMOTO, C. Acaricide resistance management of leprosis mite (*Brevipalpus phoenicis*) in Brazilian citrus. **Pesticide Science**, v. 52, n. 2, p. 189-198, 1998. DOI: 10.1002/(sici)1096-9063(199802)52:2%3C189::aid-ps714%3E3.0.co;2-f

OMOTO, C.; ALVES, E. B.; RIBEIRO, P. C. Detecção e monitoramento da resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) ao dicofol. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, n. 4, p. 757-764, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0301-80592000000400016>.

PAN, D.; DOU, W.; YUAN, G. R.; ZHOU, Q. H.; WANG, J. J. Monitoring the resistance of the citrus red mite (Acari: Tetranychidae) to four acaricides in different citrus orchards in China. **Journal of Economic Entomology**, v. 113, n. 2, p. 918-923, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/toz335>.

PASCON, R. C. *et al.* The complete nucleotide sequence and genomic organization of citrus leprosis associated virus, cytoplasmatic type (CiLV-C). **Virus Genes**, v. 32, p. 289-298, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11262-005-6919-8>.

PREE, D. J.; MARSHALL, D. B.; MCGARVEY, B. D. Residual toxicity of dicofol, formetanate HCl, propargite, hexythiazox, and clofentezine to European red mite on peach. **The Canadian Entomologist**, v. 124, p. 59-67, 1992.

RAMOS-GONZÁLEZ, P. L. *et al.* Citrus leprosis: a unique multietiological disease. In: **Cítricos en las Américas**, v. 1, p. 1-9, 2018.

RAMOS-GONZÁLEZ, P. L. *et al.* Phylogenetic and molecular variability studies reveal a new genetic clade of *Citrus leprosis virus C*. **Viruses**, v. 8, n. 6, p. 153, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3390/v8060153>.

ROCHA, C. M.; BASSANEZI, R. B.; SATO, M. E.; ANDRADE, D. J. Resistência de *Brevipalpus yothersi* (Acari: Tenuipalpidae) ao ciflumetofeno e ao espirodiclofeno em pomares de citros do Estado de São Paulo, Brasil. **Crop Protection**, v. 197, art. 107664, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2026.107664>.

ROCHA, C. M.; DELLA-VECHIA, J. F.; SAVI, P. J.; OMOTO, C.; ANDRADE, D. J. Resistance to spiroticlofen in *Brevipalpus yothersi* (Acari: Tenuipalpidae) from Brazilian citrus groves: detection, monitoring, and population performance. **Pest Management Science**, v. 77, p. 3099-3106, 2021.

RODRIGUES, J. C. V. **Relações patógeno-vetor-planta no sistema leprose dos citros**. 2000. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

RODRIGUES, J. C. V.; KITAJIMA, E. W.; CHILDERS, C. C.; CHAGAS, C. M. Citrus leprosis virus vectored by *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) on citrus in Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, v. 30, p. 161-179, 2003.

RODRIGUES, J. C. V.; NOGUEIRA, N. L.; PRATES, H. S.; FREITAS, D. S. Leprose dos citros: importância, histórico, distribuição e relações com o ácaro vetor. **Laranja**, v. 15, n. 2, p. 123-138, 1994.

ROY, A. *et al.* Role bending: complex relationships between viruses, hosts, and vectors related to citrus leprosis, an emerging disease. **Phytopathology**, v. 105, n. 7, p. 1013-1025, 2015.

ROY, S.; PRASAD, A. K.; HANDIQUE, G.; DEKA, B. Susceptibility to acaricides and detoxifying enzyme activities in the red spider mite, *Oligonychus coffeae* Nietner (Acari: Tetranychidae). **Acarologia**, v. 58, n. 3, p. 647-654, 2018. DOI: <https://doi.org/10.24349/acarologia/20184261>.

SALINAS-VARGAS, D. *et al.* Analysis of genetic variation in *Brevipalpus yothersi* (Acari: Tenuipalpidae) populations from four species of citrus host plants. **PLoS ONE**, v. 11, p. e0164552, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164552>.

SAS INSTITUTE INC. **SAS OnDemand for Academics**. Cary: SAS Institute Inc., 2024. Disponível em: https://www.sas.com/pt_br/software/on-demand-for-academics.html. Acesso em: jun. 2024.

SAS SOFTWARE ACADÊMICO. **SAS Academic Programs**. Disponível em: https://www.sas.com/pt_br/learn/academic-programs/software.html. Acesso em: 8 nov. 2024.

SCARPELLINI, J. R.; SANTOS, J. C. C. Controle do ácaro da leprose *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) em pomar cítrico de Bebedouro, SP. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 69, n. 3, p. 39-43, 2002.

SILVA, M. Z.; SATO, M. E.; OLIVEIRA, C. A. L.; RAIS, D. S. Toxicidade diferencial de agrotóxicos utilizados em citros para *Neoseiulus californicus*, *Euseius concordis* e *Brevipalpus phoenicis*. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 87-95, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052011000100014>.

STATGRAPHICS. **StatGraphics Centurion XVIII: version 18**. [S.l.]: StatPoint Technologies, 2009. Software. Disponível em: <http://www.statgraphics.net/descargas/>. Acesso em: out. 2024.

TASSI, A. D. *et al.* Virus-vector relationship in the *Citrus leprosis* pathosystem. **Experimental and Applied Acarology**, v. 71, n. 3, p. 227-241, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10493-017-0123-0>.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). Foreign Agricultural Service (FAS). **Citrus: world markets and trade**. Washington, DC, 2025. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/citrus-world-markets-and-trade>. Acesso em: 18 out. 2025.

VAN LEEUWEN, T. *et al.* The economic importance of acaricides in the control of phytophagous mites and an update on recent acaricide mode of action research. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 121, p. 12-21, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2014.12.009>.

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

YU, S. J. **The Toxicology and Biochemistry of Insecticides**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2015.

ZANARDI, O. Z. *et al.* Spraying pyrethroid and neonicotinoid insecticides can induce outbreaks of *Panonychus citri* (Trombidiformes: Tetranychidae) in citrus groves. **Experimental and Applied Acarology**, v. 76, p. 339-354, 2018.