

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE
QUEIROZ”

Eficácia de óleos microencapsulados sobre duas pragas de importância agrícola: Ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*) e Mosca-branca (*Bemisia tabaci*)

Giovana Barnabé Campos

Orientador: Pedro Takao Yamamoto

Co-orientadores:

Emile Dayara Rabelo Santana

Patrick Oliveira Nunes da Silva

Piracicaba

Abril, 2024

RESUMO

Os óleos essenciais (OEs) têm despertado crescente interesse na agricultura devido às suas propriedades inseticidas e acaricidas, representando uma alternativa aos inseticidas convencionais. No entanto, a aplicação direta desses óleos é limitada pela alta volatilidade e pela sensibilidade a fatores ambientais, o que pode resultar em rápida degradação e perda de eficácia quando aplicados no campo. A técnica de microencapsulação surge como uma estratégia promissora para superar essas limitações, permitindo a liberação controlada e prolongada dos OEs ao longo do tempo. Por meio de ensaios será avaliada a eficácia de diferentes óleos microencapsulados no controle de duas pragas de grande importância agrícola: o ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*) e a mosca-branca (*Bemisia tabaci*). Os bioensaios de toxicidade serão realizados em laboratório, utilizando concentrações variadas dos óleos microencapsulados para avaliar sua toxicidade sobre as pragas. Os bioensaios de persistência serão realizados em condições de semi-campo, onde será avaliada a durabilidade dos tratamentos ao longo do tempo. Espera-se que este estudo contribua para o avanço do Manejo Integrado de Pragas (MIP), oferecendo uma abordagem mais sustentável e ecologicamente consciente para o controle de pragas na agricultura moderna, diminuindo a utilização de produtos químicos e, conseqüentemente, minimizando os resíduos tóxicos no ambiente.

Palavras-chave: Óleos Essenciais, Microencapsulação, Toxicidade, Persistência, Manejo Integrado de Pragas.

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Os óleos essenciais (OE) são compostos presentes no metabolismo vegetal constituídos geralmente por hidrocarbonetos terpênicos, podendo ser extraídos de folhas, cascas, flores, frutos e rizomas. Na natureza, os OEs apresentam papel importante na proteção das plantas, agindo contra herbívoros, como agentes antimicrobianos e como inseticidas. Sua importância no mercado é devido a ação antibacteriana, antifúngica, antiviral e carrapaticida, porém esse tipo de produto é considerado muito volátil, sendo afetado diretamente pela temperatura, umidade relativa do ar e ação dos ventos, além de em alguns casos ser fotossensível, ou seja, degradado pela luz (CAVASSA e CASSEL, 2017).

Uma forma de contornar essa alta volatilidade é através da técnica de microencapsulação. Esse processo envolve o revestimento de partículas individuais ou gotículas de material sólido ou líquido, que são cercadas ou revestidas com uma película contínua de material polimérico para produzir cápsulas na faixa de micrômetros a milímetros, conhecidas como microcápsulas (JYOTHI et al, 2012).

Ao encapsular os OE em microcápsulas, é possível liberar seu conteúdo de maneira controlada, garantindo uma proteção prolongada. Essa abordagem é relevante para o setor agrícola, pois muitos estudos demonstram que óleos essenciais possuem ação inseticida (CORRÊA e SALGADO, 2011). No entanto, é necessário investigar a eficácia dos óleos essenciais microencapsulados no controle de insetos pragas. Com isso, as análises entomológicas a serem desenvolvidas neste estudo, terão como objetivo avaliar a eficácia de óleos microencapsulados sobre insetos pragas.

Em resumo, o termo “praga” é usado para se referir a todo organismo vivo capaz de causar danos diretos, quando afeta o produto de interesse comercial, ou indiretos, quando ataca partes vegetais que não serão vendidas, mas causem alterações nos processos fisiológicos, afetando o desenvolvimento da planta e gerando prejuízos (BERTI FILHO e MACEDO, 2011).

Entre essas pragas, o ácaro-rajado (*Tetranychus urticae* Koch) destaca-se como uma espécie fitófaga de grande relevância, devido aos danos significativos que causa e à sua capacidade de infestar uma ampla variedade de culturas comerciais, incluindo hortaliças, algodão, feijão, soja, e outras (SUEKANE et al, 2012). Ao se alimentar, *T. urticae* afeta os processos fisiológicos da planta, pois acarreta em ruptura das células vegetais e sucção do conteúdo intracelular, causando sintomas de amarelecimento, necrose e marcas de perfuração (ZAMPA, 2023). Em plantações de soja, por exemplo, estudos mostraram que a infestação desse ácaro pode resultar em danos econômicos de até 15% (SUEKANE et al., 2012).

A família Tetranychidae inclui os ácaros produtores de seda, essa produção é fundamental para a dispersão das colônias, pois formam o balonismo, bolas de seda nos ápices

das plantas, possibilitando a passagem de indivíduos para outras plantas. Além disso, *T. urticae* apresenta dois pares de manchas escuras em seu dorso, característica representada em seu nome comum "ácaro-rajado" (ZAMPA, 2023). Seu ciclo de vida apresenta as fases de ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adulto, variando de dez a doze dias (25 °C) e em temperaturas elevadas (30° C) e baixa umidade relativa (<60 %), o desenvolvimento da praga tende a ser mais rápido. Geralmente vivem em colônias na face inferior das folhas, onde a maior parte se concentra próxima à nervura central (BERNARDI et al., 2010).

Outra praga de importância econômica é a mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), que afeta diversas culturas e causa danos em plantas em decorrência da sucção de seiva, transmissão de vírus e favorecimento da fumagina, que afetam o desenvolvimento e, conseqüentemente, a produtividade da cultura (SUEKANE et al, 2013). Com relação ao ciclo de vida de *B. tabaci*, ele se caracteriza por possuir seis estádios: o ovo, quatro instares ninfais e o adulto (WALKER et al., 2010).

De acordo com Stansly e Naranjo (2010), os estádios ninfais das moscas-brancas têm uma forma padronizada, sendo ovais e achatados. O primeiro estágio ninfal, conhecido como "rastreador", é o único móvel e busca por um local adequado para fixar seu aparelho bucal e começar a se alimentar. Após passar por mais três estágios ninfais, o inseto alcança o quarto estágio que, às vezes, é erroneamente chamado de estágio "pupal", sendo que, durante o início deste estágio, o inseto ainda se alimenta, portanto, não é uma pupa típica. Por fim, ocorre a emergência do adulto, fase onde ocorre a expansão das asas e o corpo é coberto por uma pulverulência branca (BARBOSA, 2019).

Compostos de origem vegetal já foram testados para controle de mosca-branca, sendo um deles o óleo das sementes de pinha (*Annona squamosa* L.) que causou efeitos no desenvolvimento das ninfas. Já extratos de serralha (*Calotropis procera*) e alho (*Allium sativum* L.) causaram redução da oviposição. Além disso, os óleos essenciais de espécies do gênero *Piper*, afetaram o estabelecimento e a oviposição de adultos de mosca-branca em plantas de tomate (BARBOSA, 2019). O mesmo ocorre para o ácaro-rajado, em seu estudo, Mercês et al 2018, testou o óleo de jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *courbaril*) em populações de *T. urticae* e constatou que o produto foi tóxico para espécie por contato residual, pois houve mortalidade e diminuição da oviposição à medida que as concentrações foram aumentadas.

Atualmente, uma das principais formas de controle para as duas pragas citadas acima é a utilização de inseticidas organossintéticos. Segundo dados do Sindicato Nacional de Produtos para Defesa Vegetal (SINDIVEG, 2023), as vendas de inseticidas tiveram um aumento de 6,47% em 2022 em comparação ao ano de 2021. Vale ressaltar que seu uso indiscriminado pode levar ao desenvolvimento de resistência genética em insetos, através da seleção de indivíduos resistentes ao produto (SOARES e SANTOS, 2021).

No entanto, no contexto do Manejo Integrado de Pragas (MIP), os inseticidas botânicos, como os óleos essenciais, emergem como uma ferramenta valiosa e, combinados com a técnica de microencapsulação, seu uso pode se tornar ainda mais viável e eficaz. Essa abordagem visa manter o equilíbrio ambiental, minimizando o uso de produtos químicos que possam ser prejudiciais aos animais e ao ser humano, evitando assim resíduos tóxicos no ambiente (TORRES et al, 2006).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar a eficácia de óleos essenciais microencapsulados no controle de duas pragas de importância agrícola: *Tetranychus urticae* e *Bemisia tabaci*.

2.2. Objetivos específicos

2.1. Avaliar a toxicidade de óleos microencapsulados sobre *Tetranychus urticae* e *Bemisia tabaci* em condições de laboratório.

2.2. Avaliar a persistência de óleos essenciais microencapsulados sobre *Tetranychus urticae* e *Bemisia tabaci* em condições de semi-campo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Todos os experimentos serão conduzidos no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas localizado na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), Campus da USP no município de Piracicaba, interior do estado de São Paulo. E desenvolvidos com apoio da Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ).

Os óleos essenciais microencapsulados serão fornecidos pela Linax que é uma startup sediada em Votuporanga no interior do estado de São Paulo e possui um largo histórico de inovações utilizando óleos essenciais e polímeros naturais.

A criação de ácaro-rajado será conduzida em casa de vegetação em vasos de feijão de porco. A criação de mosca-branca também será em estufas, porém, utilizando vasos de couve para alimentação dos insetos. A multiplicação desses será mantida até que alcancem tamanho populacional suficiente para realização dos ensaios.

3.1. Bioensaios de toxicidade

Inicialmente, serão testadas diversas concentrações dos óleos para avaliar sua toxicidade sobre os insetos. Todas as concentrações serão diluídas em 100 mL de água destilada. E serão determinadas a partir da tabela fornecida pela Linax (Figura 1), a qual apresenta as concentrações recomendadas para cada produto, visando manter a mesma quantidade de princípio ativo entre eles.

Amostra inicial (garrafas plásticas)		Diluição inicial (Preparo da amostra - Primeira etapa)		Retirada de alíquota (Segunda etapa - Preparo da dieta)	
Amostra	Concentração nominal da amostra (g princípio ativo/1 litro amostra)	Quantidade de amostra retirada para diluição inicial (mL)	Quantidade de princípio ativo na diluição inicial (g princípio ativo/1 litro diluição inicial)	Quantidade de líquido retirado da diluição inicial (mL) - FIXO	Concentração final de princípio ativo na dieta de 100mL (g princípio ativo/100mL)
A	300	5	1,5	0,5	0,00075
AX	200	7,5	1,5	0,5	0,00075
AY	460	3,26	1,5	0,5	0,00075
B	75	10	0,75	0,5	0,000375
BX	250	3	0,75	0,5	0,000375
BY	460	1,63	0,75	0,5	0,000375
C	135	10	1,35	0,5	0,000675
CX	250	5,4	1,35	0,5	0,000675
CY	300	4,5	1,35	0,5	0,000675

Figura 1: Tabela de doses. A coluna destacada em cinza representa a dose em mL do produto por litro de água, com o intuito de obter a mesma quantidade de princípio ativo em todas as amostras.

Ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*)

Para avaliar a toxicidade dos produtos sobre o ácaro-rajado, inicialmente, 10 fêmeas adultas serão transferidas para unidades experimentais, que consistem em um recipiente de acrílico (3,0 cm de diâmetro e 1,5 cm de altura) com base de 2 mL de carragenina (solução enrijecida de 5 g/L de água), sobre a qual será colocado um disco de folha de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.)) (3,0 cm de diâmetro) para sua alimentação. Posteriormente, as arenas contendo os ácaros serão submetidas aos tratamentos através de pulverização direta. Após a aplicação, as unidades experimentais serão cobertas com plástico filme (Magipack®) para evitar a fuga dos ácaros e a avaliação da mortalidade será realizada após 72 horas.

A aplicação dos tratamentos será realizada utilizando-se uma torre de Potter, calibrada sob pressão constante de 15 lb pol⁻² e pulverizados com 1 mL de solução cm⁻¹. O procedimento experimental será realizado em delineamento inteiramente casualizado. Os tratamentos consistem nos 9 produtos apresentados na figura 1, a testemunha (apenas água destilada) e o controle químico (Omite®), totalizando 11 tratamentos com 6 repetições cada.

Mosca-branca (*Bemisia tabaci*)

No bioensaio com mosca branca, serão utilizados insetos na fase ninfal (2° instar), porém, inicialmente, 30 adultos serão confinados em plantas de soja para ovipositarem por 2 horas. Em seguida, esses adultos foram retirados e os trifólios contendo ovos foram devidamente identificados. Após 7 dias, quando as ninfas atingiram o 2° instar, as plantas serão submetidas aos tratamentos através do método de imersão foliar. Esse método consiste em mergulhar as folhas (10 segundos) na solução contendo seu respectivo produto. Posteriormente, após a secagem das folhas, as plantas serão condicionadas em casa de vegetação e a avaliação da mortalidade das ninfas serão realizadas após 7 dias.

O procedimento experimental será realizado em delineamento inteiramente casualizado contendo 11 tratamentos, sendo eles os 9 produtos apresentados na figura 1, a testemunha (apenas água destilada) e o controle químico (Benevia®). Cada tratamento composto por 6

repetições, cada repetição com 3 folíolos, totalizando então 18 folíolos por tratamento.

3.2 Bioensaios de persistência

Ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*)

Inicialmente, sementes de soja serão semeadas em vasos de 0,5 litros e, quando as plantas atingiram o estágio V2 (com o primeiro trifólio), 30 fêmeas do ácaro rajado serão cuidadosamente adicionadas às folhas, utilizando um pincel. Em seguida, 1 mL da solução dos tratamentos será aplicada sobre as folhas com o auxílio de um pulverizador manual (Airbrush).

A avaliação do crescimento populacional será realizada aos 7 dias após a aplicação, contabilizando apenas o número de adultos presentes. Já aos 14 dias após a aplicação, será realizada uma contagem completa, incluindo o número de ovos, imaturos e adultos do ácaro, abrangendo toda a população. O procedimento experimental será realizado em delineamento inteiramente casualizado.

Os tratamentos para este bioensaio serão definidos de acordo com os resultados dos testes de toxicidade.

Mosca-branca (*Bemisia tabaci*)

No bioensaio com mosca branca, serão utilizados insetos na fase ninfal (4° instar), porém, inicialmente, 50 adultos serão confinados em um folíolo de um trifólio de cada uma das plantas de soja (em estágio V2) para ovipositarem por 2 horas. Em seguida, esses adultos serão retirados e os trifólios contendo ovos serão devidamente identificados. Após 14 dias, quando as ninfas atingirem o 4° instar, será realizada a contagem das ninfas por folíolo e, em seguida, as plantas serão tratadas com 1 mL da solução dos tratamentos com o auxílio de um pulverizador manual (Airbrush).

A avaliação do crescimento populacional será realizada quando os adultos emergirem, onde será feita uma contagem completa, incluindo o número de ovos, imaturos e adultos, abrangendo toda a população. O procedimento experimental será realizado em delineamento inteiramente casualizado.

Os tratamentos para este bioensaio serão definidos de acordo com os resultados dos testes de toxicidade.

4. PLANO DE TRABALHO E CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

ATIVIDADE	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6
Revisão bibliográfica	X	X	X			X
Plantio dos feijões de porco e das couves para multiplicação das criações de ácaro-rajado e mosca-branca.	X	X	X			
Plantio das plantas de soja para os bioensaios			X	X		
Bioensaio de toxicidade				X		
Bioensaio de persistência					X	
Elaboração do relatório final				X	X	X
Análise dos dados				X	X	
Revisão						X
Apresentação do TCC						X

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, V. O.; et al. Metodologia de criação de *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) e seu controle em cultivos protegidos. 2019.

BERNARDI, D.; et al. Bioecologia, monitoramento e controle do ácaro-rajado com o emprego da azadiractina e ácaros predadores na cultura do morangueiro. 2010.

BERTI FILHO, E.; MACEDO, L. Fundamentos de controle biológico de insetos-praga. 2011.

CAVASSA, A. F.; CASSEL, E. Encapsulação de óleos essenciais para a aplicação como biopraguicida. Seminário Interno de Avaliação da Iniciação Científica da PUCRS, 2017, Brasil., 2017.

CORRÊA, J. C. R.; SALGADO, H. R. N. Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão. Revista Brasileira de Plantas Medicinais, v. 13, p. 500-506, 2011.

FAPESP. Fungicida à base de óleos essenciais combate pragas da cultura de soja. Disponível em: https://pesquisaparinovacao.fapesp.br/fungicida_a_base_de_oleos_essenciais_combate_pragas_da_cultura_de_soja/2852. Acesso em: 25 abr 2024.

JYOTHI, Sri S.; et al. Microencapsulation: a review. Int. J. Pharm. Biol. Sci, v. 3, n. 2, p. 509-531, 2012.

KOGAN, M. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. Annual review of entomology, v. 43, n. 1, p. 243-270, 1998.

MERCÊS, P. F. F.; et al. Caracterização fitoquímica e avaliação do potencial acaricida e inseticida do óleo essencial de *Hymenaea courbaril* L. var. *courbaril* sobre o ácaro-rajado e o

gorgulho do milho. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, [S. l.], v. 3, n. 4, p. 417-428, 2018.

SOARES, T. N. A.; SANTOS, C. A. B.; Extratos vegetais com potencial para o controle da mosca branca (*bemisia tabaci genn*). *Natural Resources*, v. 11, n. 2, p. 22-29, 2021.

STANSLY, P. A.; NARANJO, S. E. (Ed.). *Bemisia: bionomics and management of a global pest*. Springer Science & Business Media, 2010.

SUEKANE, R.; et al. Danos da Mosca-Branca *Bemisia Tabaci* (Genn.) e distribuição vertical das ninfas em cultivares de soja em casa de vegetação. *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 80, p. 151-158, 2013.

SUEKANE, R.; et al. Nível de dano de ácaro-rajado *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) em soja. *Ceres*, v. 59, n. 1, 2012.

TORRES, A.; et al. Efeito de extratos aquosos de *Azadirachta indica*, *Melia azedarach* e *Aspidosperma pyrifolium* no desenvolvimento e oviposição de *Plutella xylostella*. *Bragantia*, v.65, n.3, p.447-457, 2006.

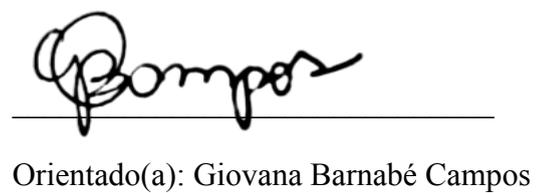
WALKER, G. P.; et al. Life history, functional anatomy, feeding and mating behavior. *Bemisia: bionomics and management of a global pest*, p. 109-160, 2010.

ZAMPA, S. F. Avaliação da diversidade genética do ácaro-rajado *Tetranychus urticae* do estado de São Paulo utilizando sequências do gene mitocondrial citocromo oxidase I. 2023. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

ASSINATURAS:



Orientador: Pedro Takao Yamamoto



Orientado(a): Giovana Barnabé Campos

COMISSÃO DE ÉTICA AMBIENTAL NA PESQUISA (CEAP) - ESALQ/USP

De: CEAP <ceap_otrs@usp.br>
Data: qua., 29 de mai. de 2024 às 15:21
Assunto: [Ticket#2024052909000191] RE: CEAP Chamado
Para: Pedro Takao Yamamoto <pedro.yamamoto@usp.br>

A Comissão de Ética Ambiental na Pesquisa (CEAP) confirma recebimento de sua solicitação. Um tíquete foi criado para acompanhamento do serviço. Por favor, aguarde as próximas notificações.

Enviado quarta-feira, 29 Maio, 2024 - 15:15

Nome completo do docente/pesquisador: Pedro Takao Yamamoto
Nro. USP: 3109883
E-mail: pedro.yamamoto@usp.br [1]
Telefone: (19) 84294166
Celular: (19) 998885090
Tipo de requerimento: Emissão de parecer de Mérito Ambiental (projeto individual)
Departamento: Entomologia e Acarologia
Laboratório: Manejo Integrado e Pragas
Detalhamento de atividades:
<https://pjpoca.esalq.usp.br/webOS/sites/default/files/webform/ceap/CEAP-...>
[2]
Projeto de pesquisa:
<https://pjpoca.esalq.usp.br/webOS/sites/default/files/webform/ceap/CEAP-...>
[3]
Certificado de treinamento de usuário e agente multiplicador:
Declaração de Responsabilidade: Estou ciente do Termo de Responsabilidade do Pesquisador

[1] <mailto:pedro.yamamoto@usp.br>

[2] <https://pjpoca.esalq.usp.br/webOS/sites/default/files/webform/ceap/CEAP-detativ-38088.pdf>

[3] <https://pjpoca.esalq.usp.br/webOS/sites/default/files/webform/ceap/CEAP-projpesq-38088.pdf>

Atenciosamente,
Serviço de Apoio a Pesquisa
Fone: (19) 3429-4400