

POTENCIAL DA NANOEMULSÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE *Zingiber officinale* PARA O CONTROLE DE *Oligonychus ilicis*

Evellyn Zuqui Bolsoni¹, Mateus Guimarães Ferrares¹, Ana Beatriz Mamedes Piffer², Plúcia Franciane Ataíde Rodrigues³, Ronilda Lana Aguiar¹, Hidelgardo Seibert Franca³, Anderson Mathias Holtz¹

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – Campus Itapina, Rodovia BR-259, Km 70 – Zona Rural - 29717-000 – Colatina – ES, Brasil, evellynzuqui@outlook.com, mateusguimaraesferrares@gmail.com, ronilda.aguiar@ifes.edu.br, anderson.holtz@ifes.edu.br.

² Departamento de Entomologia, Campus Universitário Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG), Brasil 36570-900, ana.piffer123@gmail.com.

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – Campus Vila Velha, - Laboratório de Desenvolvimento de Bioprodutos, Avenida Ministro Salgado Filho, Soteco - 29106-010, Vila Velha – ES, Brasil, pluciargds12@gmail.com, hildegardo.franca@ifes.edu.br.

Resumo

A espécie *Oligonychus ilicis* McGregor, 1917, é uma praga de grande importância econômica, tendo como principal hospedeira a cultura do café. Com o intuito de buscar alternativas de manejo sustentável, o presente estudo teve como objetivo analisar a ação acaricida da nanoemulsão do óleo essencial de *Zingiber officinale* no manejo de ácaro vermelho do café. As concentrações utilizadas foram de 0,025; 0,04; 0,05; 0,1; 0,15; 0,25 e 0% (solução controle) sendo cada concentração, aplicada em 10 repetições com 10 indivíduos cada. A nanoemulsão de gengibre demonstrou potencial acaricida no controle do ácaro vermelho do café, apresentando maior eficiência nas concentrações maiores.

Palavras-chave: Ácaro vermelho do café. Controle alternativo. Gengibre.

Área do Conhecimento: Engenharia agrônômica – Agronomia

Introdução

Durante a Segunda Guerra Mundial os agrotóxicos passaram a serem utilizados como arma química, após o conflito, muitas dessas substâncias foram adaptadas e incorporadas à agricultura (Silva, 2021). O uso indiscriminado de produtos químicos sintéticos rapidamente passou a gerar impactos negativos, tanto para o meio ambiente quanto para a saúde humana. Os mais afetados foram os trabalhadores rurais, muitos dos quais manuseavam esses compostos de forma inadequada, sem treinamento e EPIs. (Silva, 2021). O Brasil em 2015 ocupou a liderança do ranking de consumo mundial de agrotóxicos em contraproposta à Lei nº 7.802/89 (Brasil, 1989) (regulamentada pelo Decreto nº 4074/02), que dispõe sobre normas relativas à cadeia dos agrotóxicos (Belchior, 2017).

Neste contexto, uma praga de grande importância econômica e com grande utilização de produtos químicos sintéticos para o seu controle é o ácaro vermelho do café, *Oligonychus ilicis* McGregor, 1917 (Acari: Tetranychidae). Esta espécie é um artrópode fitófago, descrito como uma das principais pragas da cultura do café Conilon (*Coffea canephora* Pierre & Froehn) (Piffer, 2022). Como consequência do ataque por *O. ilicis*, as folhas perdem a cor e brilho original, adquirindo um bronzeamento, reduzindo a área fotossintética da planta, podendo promover queda das folhas (Toledo et al., 2018). Nas plantas jovens, as folhas ficam pequenas e deformadas, comprometendo seriamente o seu desenvolvimento (Reis et al., 1997; Vasconcelos et al., 2022). Atualmente existem 50 tipos de produtos registrados oficialmente para o ácaro vermelho do café, pertencentes aos grupos químicos da avermectina, organofosforado e piretróides (Agrofit, 2025). Entretanto, os danos causados por estes produtos estão relacionados ao ressurgimento da praga, surgimento de organismos resistentes e intoxicação da fauna ao entorno dos locais de aplicação, além de danos à saúde humana (Santos et al., 2022).

Uma das formas de controle alternativo que podem ser utilizadas sobre esta espécie de praga é o uso de nanoemulsões de óleos de origem vegetal. As nanoemulsões são reconhecidas como forma de veículos para substâncias não solúveis ou pouco miscíveis em água. É um sistema coloidal termodinamicamente instável de dois líquidos imiscíveis que são cineticamente estabilizados por um surfactante devido a formação de gotas em escala nanométricas no sistema fornecendo uma série de

vantagens, como maior estabilidade, maior poder de penetração por membranas, maior biodisponibilidade e até mesmo liberação controlada de substâncias presentes nos produtos (Ortiz-Zamora *et al.*, 2020). Aliado a tecnologia de nanoemulsões, os óleos e extratos de plantas têm sido alternativas promissoras para o manejo sustentável de pragas agrícolas, visto que muitas vezes possuem capacidade de controle similar aos químicos sintéticos e são menos tóxicos ao meio ambiente (Spletozer *et al.*, 2021). Wiesbrook (2004) destaca algumas vantagens dos produtos fitossanitários botânicos em relação aos sintéticos, sendo elas a baixa toxicidade a mamíferos, alta seletividade e o baixo impacto em plantas. Nesse contexto, conhece-se que o óleo essencial de Gengibre exibe atividade antimicrobiana contra vários tipos de fungos, parasitas e bactérias, incluindo as gram-positivas e gram-negativas comuns em infecções ambulatoriais (Ramalho, 2022). Seu óleo, conhecido pela sua potente ação antioxidante, é empregado em cosméticos como substituto de agentes convencionais (Botelho *et al.*, 2023). Dessa forma, o objetivo desse trabalho é avaliar o potencial acaricida de nanoemulsões do óleo essencial de Gengibre sobre o ácaro vermelho do café.

Metodologia

O estudo foi realizado no Laboratório de Entomologia e Acarologia Agrícola do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Itapina (IFES - Campus Itapina).

Criação do ácaro em Condições de Laboratório

Os ácaros utilizados no experimento foram coletados em plantio de café do instituto, onde foram montadas arenas em placas de Petri (14,0 x 1,5cm), forrada com algodão umedecido e, com uma folha de café fixa. As arenas foram mantidas em câmaras climatizadas do tipo B.O.D. (25 $\pm$ 1°C, UR de 70 $\pm$ 10% e fotofase de 12h), durante 10 dias.

Obtenção dos óleos essenciais

O óleo essencial utilizado de *Zingiber officinale*. foi adquirido comercialmente e posteriormente formulado em nanoemulsão.

Métodos de emulsificação por baixo aporte de energia

A fase oleosa e os tensoativos foram adicionados em um béquer e aquecidos a 75 $\pm$ 5°C. A fase aquosa foi aquecida a essa temperatura e adicionada lentamente sobre a fase oleosa, sob agitação constante, por um período de 10 minutos. Em seguida, o sistema foi resfriado à temperatura ambiente, sob agitação constante de 10 minutos. As nanoemulsões foram preparadas conforme a metodologia proposta por Ostertag, Weiss e McClements (2012), com algumas modificações. A fase oleosa e os tensoativos foram agitados por 30 minutos à temperatura ambiente. Posteriormente, a fase aquosa foi adicionada sob fluxo constante e o sistema foi agitado por mais 60 minutos à temperatura ambiente. As nanoemulsões obtidas foram acondicionadas ao abrigo da luz para análise do tamanho de partícula (Fernandes *et al.*, 2014; Lima *et al.*, 2021; Ortiz-Zamora *et al.*, 2020).

Determinação do valor de Equilíbrio Hidrófilo-Lipófilo (EHL) requerido da fase oleosa

Foram preparadas diversas emulsões constituídas por 5% de fase oleosa, 5% de tensoativos e 90% de fase aquosa. Uma ampla faixa de EHL foi obtida por meio da utilização de diferentes proporções de um par de tensoativos. O EHL resultante de cada mistura de tensoativos foi determinado com base na fórmula a seguir, onde: EHL_m é o valor de EHL resultante da mistura de dois tensoativos; EHL_A é o valor de EHL do tensoativo mais hidrofóbico; EHL_B é o valor de EHL do tensoativo mais hidrofílico ; A% é o percentual do tensoativo mais hidrofóbico; B% é o percentual do tensoativo mais hidrofílico e A% + B% = 100. O valor de EHL requerido para os óleos foi definido pelo EHL do tensoativo ou mistura de tensoativos capaz de formar a emulsão com menor tamanho médio de gotícula e mais estável (Salager, 2000).

Diagrama ternário

Este método se baseia na utilização de um triângulo equilátero, em que cada um dos vértices corresponde a 100 % da composição de cada constituinte da formulação. A razão tensoativo/cotensoativo correspondente ao EHL requerido do óleo vegetal empregado foi mantido e novas emulsões foram preparadas variando-se a proporção entre os constituintes (água, tensoativo/cotensoativo/óleo). A análise do tamanho médio das gotículas das emulsões geradas foi realizada com o intuito de se traçar a zona de nanoemulsão (Fernandes *et al.*, 2014).

Método de Emulsificação/Evaporação do Solvente

As nanoemulsões foram preparadas conforme metodologia descrita por Leonget *et al.* (2011), com algumas modificações. A amostra foi solubilizada em um solvente orgânico adequado, enquanto o (s) tensoativo (s) foram solubilizados em água destilada. A fase orgânica foi adicionada sob agitação constante sobre a fase aquosa, sendo o sistema agitado pelo período de 10 minutos. Em seguida, o solvente orgânico evaporou sob pressão reduzida e as nanoemulsões obtidas acondicionadas ao abrigo da luz para análise do tamanho de partícula.

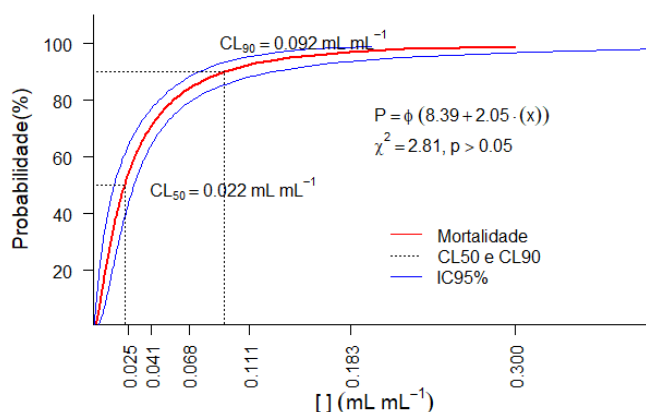
Bioensaios com nanoemulsões de óleos essenciais sobre *Oligonychus ilicis* em laboratório

As concentrações utilizadas foram: (0,025; 0,04; 0,05; 0,1; 0,15; 0,25 e 0 %). Cada tratamento foi composto por 10 repetições, com 10 indivíduos por repetição. As unidades experimentais foram compostas por placas de Petri (10,0 x 1,2 cm), com discos de folha de café com 3 cm de diâmetro, tendo algodão umedecido ao redor para manter a turgescência da folha. A pulverização foi realizada utilizando um aerógrafo modelo Alfa 2, conectado a um compressor calibrado com pressão constante de 1.3 psi e 1 mL de solução para cada repetição. Um grupo controle usando água destilada foi utilizado como comparativo. As unidades experimentais foram mantidas em câmaras climatizadas do tipo B.O.D., à temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h. O efeito acaricida foi avaliado 12, 24, 36, 48, 60 e 72 horas após as pulverizações.

Resultados

O teste de toxicidade demonstrou que, à medida que a concentração do óleo de Gengibre na nanoemulsão aumentou, a mortalidade de indivíduos de *O. ilicis* aumentou, isso comprova que com um pequeno incremento na concentração é possível elevar a mortalidade destes organismos (Figura 01). Além disso, a nanoemulsão de Gengibre apresentou valores estimados para as concentrações letais de 50 e 90% de 0,02 e 0,09 mL/mL (%) em adultos de *O. ilicis*.

Figura 01: Porcentagem de mortalidade de *Oligonychus ilicis* nas diferentes concentrações da nanoemulsão do óleo de Gengibre. Temp.: $25 \pm 1^\circ\text{C}$, UR $70 \pm 10\%$ e 12h de fotofase.



Fonte: Piffer, ABM (2025)

Discussão

Através destes resultados, foi possível observar a eficiência da nanoemulsão do óleo essencial no controle do ácaro vermelho do café. Acredita-se que mortalidade dos ácaros de *O. ilicis* seja consequência da composição química do óleo essencial de Gengibre aliada às propriedades da nanoemulsão que facilitam a penetração do óleo no organismo do ácaro-praga.

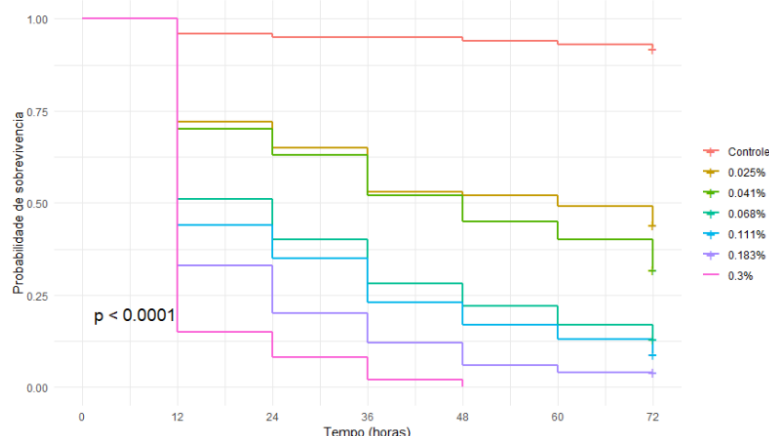
Com a realização da análise química do óleo essencial de *Z. officinale*, foi possível observar que este apresentou uma composição química rica e variada, sendo majoritariamente constituído por sesquiterpenos e monoterpenos, grupos conhecidos por suas propriedades biológicas e aromáticas, que possuem ação inseticida, acaricida, anti-inflamatória e antimicrobiana (Bakkali *et al.*, 2009; Fotsing & Kezetas, 2020).

Os principais componentes identificados foram o curcumeno aromático (59,64%), o zingibereno (α) (35,36%) e o bisaboleno (β) (29,39%), todos pertencentes à classe dos sesquiterpenos, que são responsáveis por grande parte da atividade biológica do óleo, incluindo ação anti-inflamatória, anti-fúngica, anti-microbiana e antioxidante (Ying-Li *et al.*, 2022). Entre os monoterpenos encontrados, destacam-se o campheno (23,88%) e o cineol (1,8-) (8,92%), compostos que contribuem com propriedades antimicrobianas (Fotsing & Kezetas, 2020).

Acredita-se que seja justamente essa composição química, a responsável pela mortalidade observada nos ácaros durante o experimento, uma vez que muitos desses constituintes já são descritos na literatura por suas ações inseticidas, acaricidas e repelentes. Os sesquiterpenos, por exemplo, possuem mecanismos que promovem a desestabilização da membrana celular dos microrganismos, aumentando a permeabilidade iônica e levando à lise celular (Ying-Li *et al.*, 2022).

Ademais, sabe-se que as nanoemulsões apresentam sistema mais homogêneo, elevada capacidade de solubilização e estabilidade termodinâmica, características atribuídas ao pequeno tamanho de suas partículas (Saada *et al.*, 2020). Em função desse tamanho reduzido, ocorre maior área de contato e, consequentemente, potencializa-se a penetração do composto no organismo-alvo, favorecendo sua eficácia biológica.

Figura 02: Taxa de mortalidade de *Oligonychus ilicis* em distintos intervalos de tempo, nas diferentes concentrações da nanoemulsão do óleo de Gengibre. Temp.: $25 \pm 1^\circ\text{C}$, UR $70 \pm 10\%$ e 12h de fotofase.



Fonte: Piffer, ABM (2025)

Além disso, foi possível observar que os indivíduos de *O. ilicis* encontravam-se mortos, com exoesqueleto gelatinoso e colados no folíolo, impedindo os organismos de se movimentarem e se alimentarem, devido a isso, os ácaros morriam nas primeiras horas de avaliação. As curvas de sobrevivência demonstram que o tratamento apresentou efeito tóxico progressivo de acordo com a concentração utilizada, com redução significativa na probabilidade de sobrevivência dos indivíduos, especialmente na concentração de 0,3%, que resultou em mortalidade total em menor tempo ($p < 0,0001$) (Figura 2).

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Entretanto, a mortalidade de *O. ilicis* também pode estar associada ao método de exposição direta do óleo sobre o ácaro e seu alimento, uma vez que, ao ocorrer contato direto, as substâncias alcançam o sistema nervoso central, provocando a morte imediata (Buszewski *et al.*, 2019). Sendo assim, apesar dos resultados promissores, é necessário realizar testes em condições de campo para confirmar a eficácia acaricida da nanoemulsão do óleo essencial de Gengibre.

Conclusão

Em condições laboratoriais, a concentração da nanoemulsão de Gengibre afetou a sobrevivência de adultos de *O. ilicis* de forma significativa, sendo que a maior concentração (0,3%) teve 100% de mortalidade nas primeiras 48 horas após aplicação. Portanto, a nanoemulsão de óleo essencial de Gengibre demonstrou um efeito acaricida crescente sobre o ácaro vermelho do café.

Referências

- AGROFIT. **Consulta de praga**. Disponível em:
https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons Acesso 10 abr. 2025.
- BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils – A review. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, n. 2, p. 446–475, 2008.
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>
- BELCHIOR, D. C. V. *et al.* Impactos de agrotóxicos sobre o meio ambiente e a saúde humana. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 34, n. 1, p. 135-151, 2017.
- BOTELHO, T. G. *et al.* Sêrum Facial Contendo Bio Ativos Hidratantes e Antienvhecimento Facial. **04 O primeiro ano do curso de medicina: relato de experiência durante a pandemia da COVID-19**, p. 110, 2023.
- BRASIL. Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. *Diário da República Federativa do Brasil*, 12 jul. 1989.
- BUSZEWSKI, B. *et al.* A holistic study of neonicotinoids neuroactive insecticides—properties, applications, occurrence, and analysis. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, n. 34, p. 34723–34740, 13 set. 2019.
- FOTSING, M. T. P.; KEZETAS, J. Terpenoids as Important Bioactive Constituents of Essential Oils. In: SHALABY, E. (ed.). **Essential Oils - Oils of Nature**. London: IntechOpen, 2020. Disponível em:
<https://www.intechopen.com/chapters/72167>. Acesso em: 19 jun. 2025.
- Li HY, Yang WQ, Zhou XZ, *et al.* Antibacterial and Antifungal Sesquiterpenoids: Chemistry, Resource, and Activity. **Biomolecules**. 2022;12(9):1271. Published 2022 Sep 9. doi:10.3390/biom12091271
- MATIELLO, J. B. (1998) **Café Conilon: como plantar, tratar, colher, preparar e vender**. Rio de Janeiro: MM Produções Gráficas, 162.
- ORTIZ-ZAMORA, L. *et al.* Preparation of non-toxic nano-emulsions based on a classical and promising Brazilian plant species through a low-energy concept. **Industrial Crops and Products**, v. 158, p. 112989, 15 dez. 2020.
- PIFFER, A. B. M. **Condicionadores de solo de origem vegetal podem ser utilizados no controle de pragas?** 2022.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

RAMALHO, L. A. M. *Zingiber officinale*: Evidência científica clínica. **Zingiber officinale: Evidência científica clínica**, 2022.

REIS, P.R.; ALVES, E.B.; SOUSA, E.O. (1997) Biologia do ácaro-vermelho do cafeeiro *Oligonychus ilicis* (McGregor, 1917). **Ciência e Agrotecnologia**, 21(3), 260-266.

REIS, P.R. & SOUZA, J.C. **Pragas do cafeeiro**. In: Rena, A.B., Malavolta, E., Rocha, M & YAMADA, T. (Ed.) (1986) Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafóes, 323-378.

SAADA, N. S. *et al.* Evaluation and utilization of lemongrass oil nanoemulsion for disinfection of documentary heritage based on parchment. [S.l.], v. 29, 1 out. 2020.
<https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101839>

SANTOS, M. F. dos *et al.* Bioeficácia de produtos à base de nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) no manejo de *Oligonychus punicae* (Acari: Tetranychidae) em eucalipto. **Ciência Florestal**, v. 32, p. 1078-1094, 2022.

SILVA, T. H. C. *et al.* O uso indiscriminado de agrotóxicos na agricultura, seus impactos na saúde do trabalhador rural e a consequente responsabilidade civil no Brasil. **Revista de Direito Sanitário**, v. 22, n. 2, p. e0007-e0007, 2022.

SPLETOZER, A. G. *et al.* Plantas com potencial inseticida: enfoque em espécies amazônicas. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 2, p. 974-997, 2021.

VASCONCELOS, G. J. N. *et al.* **Two new occurrences of *Oligonychus* (Acari: Thrombidiformes: Tetranychidae) in *Coffea canephora* Pierre ex. Froehner, with description of damage and record of its natural enemies in the state of Amazonas, Brazil.** *EntomoBrasilis*, v. 15, p. 15, 2022.

WIESBROOK, M. L. Natural indeed: are natural insecticides safer and better than conventional insecticides? **Illinois Pesticide Review**, v. 17, n. 3, p. 1-8, 2004.

Agradecimentos

A Univap, FAPES, IFES e o CNPQ por todo suporte, permitindo a execução desse trabalho.