

POTENCIAL ACARICIDA DA NANOEMULSÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eucalyptus globulus* SOBRE *Raoiella indica*

Evellyn Zuqui Bolsoni¹, Ana Beatriz Mamedes Piffer², Anderson Mathias Holtz¹,
Thayne da Rocha Braz¹, Beatriz Pires Meneghetti³, Ana Carolina Schwab
Barcelos³, Hildegardo Seibert França³

¹Instituto 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, anderson.holtz@ifes.edu.br, thaynerochabraz@gmail.com.

²Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias – Campus Alegre, Alto Universitário - 29500-000 - Guararema, Alegre - ES, Brasil, ana.piffer123@gmail.com.

³Instituto 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, beatrizpiresmeneghetti@gmail.com, anacarolbarcelo@gmail.com, hildegardo.franca@ifes.edu.br.

Resumo

O ácaro vermelho da palmeira (*Raoiella indica* Hirst, 1924 (Prostigmata: Tenuipalpidae) destaca-se como uma espécie praga de grande importância econômica em palmeiras e bananeiras. As nanoemulsões de óleos essenciais apresentam alta estabilidade e partículas reduzidas, associando-se a uma menor toxicidade, este método apresenta-se como uma opção mais segura que os acaricidas sintéticos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial da nanoemulsão do óleo essencial de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) no controle de *R. indica*. Os óleos foram adquiridos comercialmente e posteriormente submetidos ao método de emulsificação com baixo aporte de energia e evaporação do solvente. As concentrações utilizadas foram: 0,00% (controle); 0,10; 0,14; 0,19; 0,26; 0,36 e 0,50%. Os extratos foram pulverizados em 10 fêmeas adultas de *R. indica* por unidade amostral, com 9 repetições para cada concentração. O efeito acaricida foi avaliado 12, 24, 36, 48, 60 e 72 horas após a pulverização. A nanoemulsão de óleo essencial de eucalipto demonstrou potencial acaricida em adultos de *R. indica*, apresentando mortalidade de 85% dos indivíduos na concentração de 0,50%.

Palavras-chave: Ácaro vermelho das palmeiras. Controle alternativo. Acaricida químico natural. Eucalipto.

Área do Conhecimento: Engenharia agrônoma – Agronomia.

Introdução

O ácaro vermelho das palmeiras, *Raoiella indica* Hirst, 1924 (Prostigmata: Tenuipalpidae) destaca-se como uma espécie de praga de grande importância econômica por possuir uma vasta lista de espécies hospedeiras, das quais destacam-se as palmeiras (Arecaceae) (Neto *et al.*, 2021). Além disso, apresenta alta capacidade reprodutiva, reprodução por partenogênese, rápida disseminação e adaptação a novos hospedeiros (Navia *et al.*, 2015).

A utilização desenfreada de produtos químicos sintéticos resultou em consequências negativas para o meio ambiente e para a saúde humana. Devido a isso, se torna necessário o desenvolvimento de práticas alternativas para o controle de espécies pragas. Aliados à tecnologia de nanoemulsões, os óleos e extratos de plantas com propriedades inseticidas e acaricidas têm se mostrado 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 (Spletzer *et al.*, 2021).

Nesse contexto, é conhecido que o óleo essencial de eucalipto apresenta atividade inseticida e acaricida devido aos seus componentes bioativos presentes como o 1,8-cineol, citronelal, citronelol, acetato de citronelila, p-cimeno, eucamalol, limoneno, linalol, a-pineno, g-terpineno, a-terpineol, alocimeno e aromadendreno entre outros (Watanabe *et al.*, 1993; Batish *et al.*, 2008).

Dessa forma, buscando aliar as propriedades bioativas do óleo de Eucalipto a uma maior estabilidade e penetração das partículas, o objetivo deste estudo foi avaliar o potencial acaricida da

nanoemulsão do óleo essencial de Eucaliptol (*Eucalyptus globulus*) sobre o ácaro vermelho das palmeiras (*R. indica*).

Metodologia

1. Criação de *Raoiella indica*

A criação do ácaro foi realizada em mudas de coqueiro anão (*Cocos nucifera* L.), plantadas em vasos de 5 litros, utilizando-se terra e esterco de curral curtido, e, mantidas em casa de vegetação, no setor de Horticultura do IFES – Campus Itapina. Para infestação inicial, folíolos com *R. indica* foram colocados em contato com mudas de coco anão. Quando as plantas apresentaram sintomas de alta infestação pelos ácaros, estas foram colocadas junto as plantas sadias para permitir a colonização contínua pelos ácaros. As mudas foram irrigadas por um sistema de gotejamento automatizado e os tratamentos culturais foram realizados conforme necessário. Produtos químicos não foram utilizados.

2. Bioensaios de nanoemulsão

2.1 Obtenção dos óleos essenciais

O óleo essencial utilizado de Eucaliptol (*Eucalyptus globulus*) foi adquirido comercialmente e posteriormente formulado em nanoemulsão.

2.2 Métodos de emulsificação por baixo aporte de energia

A fase oleosa e os tensoativos foram adicionados em um béquer e aquecidos a $75 \pm 5^\circ\text{C}$. 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).

2.2.1 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).

2.2.2 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).

2.3 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.

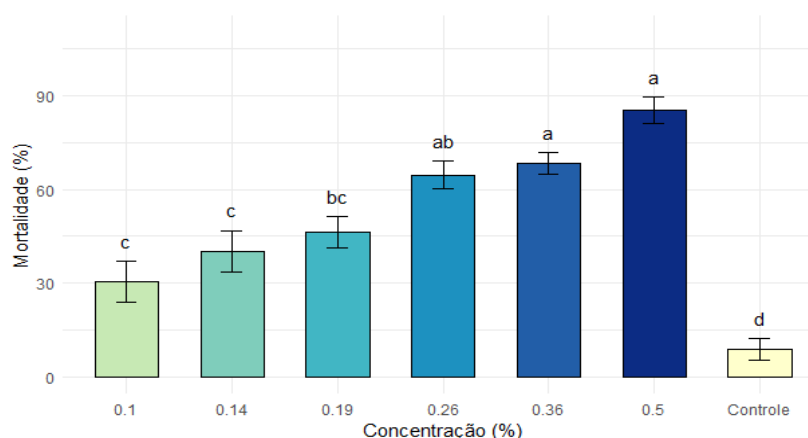
3. Bioensaios com nanoemulsões de óleos essenciais sobre *Raoiella indica* em laboratório

Após a realização de um pré-teste, foram encontradas as seguintes concentrações: 0,1; 0,14; 0,19; 0,26; 0,36 e 0,5 %. Cada tratamento foi composto por 9 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 coqueiro com 4 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 1mL 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 indicou que à medida em que se aumentou a concentração da nanoemulsão de Eucalipto, houve um aumento na mortalidade dos indivíduos adultos de *R. indica* (Figura 1).

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

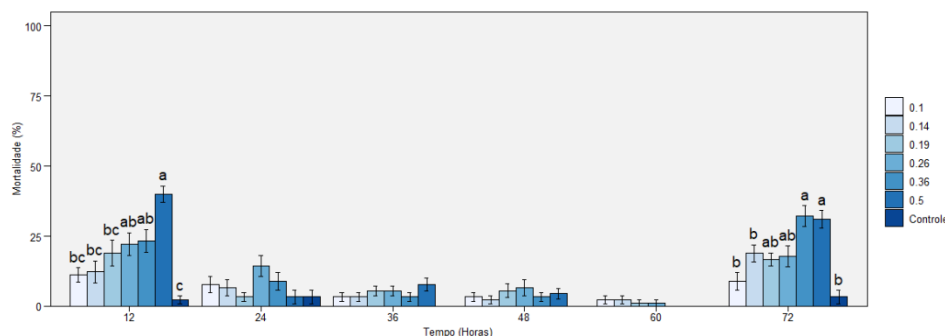


Fonte: Piffer ABM (2024).

Observando a Figura 1, é notável que a mortalidade se manteve crescente ao decorrer do experimento conforme o aumento da concentração, isso demonstra que com um pequeno incremento na concentração, é possível aumentar a mortalidade de *R. indica*.

Com relação às concentrações utilizadas neste bioensaio, destaca-se a concentração de 0,5% que atingiu uma mortalidade de 85,36%. Além disso, ao decorrer da avaliação da taxa de mortalidade no tempo, observou-se que os maiores percentuais de mortalidade de *R. indica* ocorreram nos intervalos de 12 e 72 horas. (Figura 2).

Figura 2- Taxa de mortalidade de *Raoiella indica* em distintos intervalos de tempo, nas diferentes concentrações da nanoemulsão do óleo de Eucalipto. Temp.: $25 \pm 1^\circ\text{C}$, UR $70 \pm 10\%$ e 12h de fotofase.



Fonte: Piffer ABM (2024).

Discussão

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

Sabe-se que as nanoemulsões possuem um sistema mais homogêneo, alta capacidade de solubilização e uma estabilidade termodinâmica, devido ao tamanho reduzido das suas partículas (Saada *et al.*, 2020). Em virtude da pequena dimensão da partícula, é possível acelerar a penetração do produto aplicado.

É conhecido que o eucalipto possui atividade bactericida devido aos princípios ativos encontrados nas cascas e folhas como: alcaloides, fenólicos, taninos e mucilagens (Gomes; Bittencourt, 2019). Além disso, pesquisas comprovam que o óleo essencial de eucalipto possui uma vasta variedade de bioatividades como as antimicrobianas, antivirais, fungicidas, inseticidas e herbicidas (Dhakad *et al.*, 2017; Cintia *et al.*, 2022).

Em um experimento realizado anteriormente por Flores-Macías *et al.* (2021) descobriu-se que o óleo essencial de eucalipto é principalmente uma mistura de monoterpenos e sesquiterpenos e, dentre os monoterpenos, os principais incluíram o monoterpeno oxigenado 1,8-cineol, p-cimeno e o hidrocarboneto monoterpênico α -pineno. Esses compostos bioativos possuem atividade inseticida e acaricida, o que corrobora com os resultados deste experimento.

Análises multivariadas comprovam que em altas concentrações os compostos fenólicos podem agir como inibidores enzimáticos causando danos oxidativos letais às células dos organismos e interferindo diretamente nos processos de crescimento e desenvolvimento dos herbívoros (Devrnja *et al.*, 2022; Bini *et al.*, 2023).

Durante a avaliação da mortalidade, foi possível observar que os indivíduos de *R. indica* encontravam-se mortos com os palpos e pernas retraídos ou colados no folíolo das areias, o que impedia os organismos de se movimentarem e, consequentemente, de se alimentarem, devido a isso, os ácaros morriam nas primeiras horas de avaliação.

Outrem, a mortalidade também foi alta nas últimas 72 horas de avaliação, onde foi utilizada a metodologia de Stark *et al.* (1997), com algumas adaptações, para avaliar o potencial acaricida da nanoemulsão, que considera mortos os ácaros incapazes de caminhar uma distância superior ao comprimento de seu corpo após um leve toque com pincel de cerdas finas. Foi observado que os indivíduos quase não se moviam ou apenas apresentavam leves espasmos, o que os impossibilitava de realizar suas atividades de desenvolvimento.

Entretanto, não é apenas a atividade acaricida da composição química da nanoemulsão do óleo essencial de eucalipto que pode estar relacionada a estes resultados. A mortalidade de *R. indica* também pode estar associada ao método de exposição direta do óleo sobre o ácaro e seu alimento, pois quando ocorre ação direta sobre o organismo, as substâncias atingem o sistema nervoso central, causando a morte imediata (Buszewski *et al.*, 2019). Sendo assim, apesar dos resultados promissores, é necessário que testes de campo sejam realizados para confirmar a capacidade acaricida através da nanoemulsão de óleo essencial de Eucalipto.

Conclusão

A nanoemulsão de óleo essencial de eucalipto demonstrou um efeito acaricida crescente sobre o ácaro vermelho das palmeiras à medida que a concentração do óleo aumentava na preparação da nanoemulsão. Em condições laboratoriais, a taxa de mortalidade foi mais alta nas primeiras 12 horas e nas últimas 72 horas de exposição.

Referências

- BATISH, D. R. *et al.* Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. **Forest Ecology and Management**, v. 256, n. 12, p. 2166–2174, dez. 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/222750005_Eucalyptus_essential_oil_as_natural_pesticide. Acesso em: 15 jul. 2024.
- BINI, Kouadio Kra Norbert. *et al.* Phytochemical profiling, antioxidant activities, enzymatic activities, and insecticidal potential of aqueous extracts of four plants on the larvae of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae), the main pest of cotton plant in Ivory Coast. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, p. e22017, 2023. <https://doi.org/10.1002/arch.22017>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/arch.22017>. Acesso em: 16 jul. de 2024
- 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. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31520389/>. Acesso em: 15 jul. 2024.
- CINTIA, M. *et al.* Propriedades, extração e usos do óleo essencial do eucalipto: uma análise bibliométrica. 9º CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO. v 1, n 1., 2022. Brasília <https://doi.org/10.55592/CFB.2022.7587762>. Disponível em: <https://publicacoes.softaliza.com.br/congressoflorestalbrasileiro/article/view/2432>. Acesso em: 17 jul. 2024.
- DEVARNJA, Nina. *et al.* UHPLC-OrbiTrap MS Characterization of Phenolic Profiles in French Marigold Extracts and Analysis of Their Antifeedant Activity against Colorado Potato Beetle. **Plants**, v. 11, n. 3, p. 407, 2022. <https://doi.org/10.3390/plants11030407>. Disponível em : <https://www.mdpi.com/2223-7747/11/3/407>. Acesso em: 14 jul. 2024.
- DHAKAD, A.K. *et al.* Biological, medicinal and toxicological significance of *Eucalyptus leaf* essential oil: a review. **Journal Science Food Agriculture**, v. 98, p. 833 – 848, 2017. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8600>. Disponível em : <https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.8600>. Acesso em: 14 jul. 2024.
- FLORES-MACÍAS, A. *et al.* Composición química y potencial fitotóxico de *Eucalyptus globulus* sobre *Lactuca sativa* y dos malezas resistentes a herbicidas: *Avena fatua* y *Amaranthus hybridus*. **Revista Especializada en Ciencias Químico-biológicas**, v. 24, 2021. Disponível em: <http://tip.zaragoza.unam.mx/index.php/tip/article/view/303>. Acesso em: 17 jul. 2024.
- GOMES, S. S; BITTENCOURT, A. H.C. Estudo e avaliação da ação antibacteriana de *Eucalyptus globulus* L. e *Allium sativum* L. sobre as bactérias *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*. **Sapiens**, v. 1, n. 2, 2019. Disponível em: <https://revista.uemg.br/index.php/sps/article/view/3751>. Acesso em: 15 jul. 2024.
- HIRST, S. On some new species of red spiders. **Annals and Magazine of Natural History**, Londres, v.9, p.522-527, 1924. Acesso em: 14 jul. 2024.
- NAVIA, D. *et al.* Ácaro vermelho das palmeiras, *Raoiella indica* Hirst. In: VILELA, E.F.; ZUCCHI, R.A. (Ed.). **Pragas introduzidas no Brasil: Insetos e ácaros**. Piracicaba: FEALQ, p. 418 – 452, 2015. [10.13140/RG.2.2.12929.66407](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12929.66407). Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/312972427_Acaro-vermelho-das-palmeiras Raiolla Indica nova praga de coqueiro no Brasil](https://www.researchgate.net/publication/312972427_Acaro-vermelho-das-palmeiras_Raiolla_Indica_nova_praga_de_coqueiro_no_Brasil). Acesso em: 14 jul. 2024.

NETO, E. P. S. Carnaúba [*Copernicia prunifera* (Miller) H. E. Moore, Arecaceae], uma nova hospedeira de *Raoiella indica* Hirst, 1924 (Acari: Tenuipalpidae). **Entomological Communications**, 3, 2021: ec03045. Disponível em: <https://entomologicalcommunications.org/index.php/entcom/article/view/ec03045>. Acesso em: 15 jul. 2024.

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. [10.1016/j.indcrop.2020.112989](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112989). Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/345671979_Preparation_of_non-toxic_nano-emulsions_based_on_a_classical_and_promising_Brazilian_plant_species_through_a_low-energy_concept. Acesso em: 16 jul. 2024.

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>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878818120315814?via%3Dihub>. Acesso em: 17 jul. 2024.

SPLETOZER, A. G. *et al.* Plantas com potencial inseticida: enfoque em espécies amazônicas. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 2, p. 974-997, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/32244>. Acesso em: 19 jul. 2024.

STARK, J. D. *et al.* Reproductive potential: its influence on the susceptibility of a species to pesticides. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 37, p. 273-279, 1997. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0147651397915529>. Acesso em: 18 jul. 2024.

WATANABE, *et al.* **Novo repelente de mosquitos de *Eucalyptus camaldulensis***. J. Agric. ComidaChem. 41, 2164-2166, 1993. Disponível em: <https://file1.lookchem.com/doi/2022/3/24/65316d9f-1752-4a95-b2ab-f7ff97ea609b.pdf>. Acesso em 16 jul. 2024.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico “CNPq”, à Fundação de Apoio à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo “FAPES” e ao Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Itapina pelo apoio a esta pesquisa.