

EFEITO DE ÓLEO ESSENCIAL E EXTRATO PIROLENHOSO SOBRE *Bemisia tabaci* NA CULTURA DA MANDIOCA

Sara Caroline de Souza¹, Roberta Zani da Silva², Rita de Cássia Moreira Rodrigues³, Daniel de Brito Fragoso⁴, Eduardo Andrea Lemus Erasmo⁵, Gustavo Azevedo Campos⁶

RESUMO:

A mosca-branca constitui uma das principais pragas associadas à cultura da mandioca, causando danos pela sucção de seiva, redução da área fotossintética e comprometimento do desenvolvimento das plantas. Este trabalho teve como objetivo avaliar a atividade inseticida de duas formulações, denominadas D1 e D5, constituídas por óleos essenciais e extrato pirolenhoso, sobre *Bemisia tabaci*. Foram utilizadas as concentrações de 50; 5; 0,5; 0,05; 0,005 e 0,0005%. Fragmentos foliares da cultivar BRS 399 foram imersos nas soluções por cinco segundos, secos ao ar durante cinco minutos e posteriormente inseridos em câmaras de bioensaio contendo aproximadamente 50 insetos. A mortalidade foi avaliada após 24 horas. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Também foi ajustado um modelo de regressão Probit para estimar a concentração letal mediana. As concentrações avaliadas influenciaram significativamente a mortalidade dos insetos. As maiores mortalidades foram obtidas nas concentrações de 50 e 5%, alcançando, respectivamente, 98,0 e 95,6% para D1 e 97,2 e 94,8% para D5. Os valores estimados de CL_{50} foram de 0,04409% para D1 e 0,03336% para D5, o que corresponde a 0,441 $\mu\text{L mL}^{-1}$ da D1, ou 88,19 μL o D5. As formulações apresentaram elevada atividade inseticida e resposta dependente da concentração, demonstrando potencial para o desenvolvimento de produtos naturais destinados ao manejo da mosca-branca. Estudos em condições de campo são necessários para avaliar a fitotoxicidade, a persistência e os efeitos sobre organismos não alvo.

Palavras-chave: bioinseticida, concentração letal, fitossanidade, produto natural, toxicidade.

EFFECT OF ESSENTIAL OIL AND PYROLIGNEOUS EXTRACT ON *Bemisia Tabaci* IN CASSAVA CROPS

ABSTRACT:

The whitefly is a major pest of cassava crops, causing damage by sucking sap, reducing photosynthetic area, and impairing plant development. This study aimed to evaluate the insecticidal activity of two formulations, designated D1 and D5, composed of essential oils and pyroligneous extract, against *Bemisia tabaci*. Concentrations of 50%, 5%, 0.5%, 0.05%, 0.005%, and 0.0005% were tested. Leaf fragments from the BRS 399 cultivar were immersed in the solutions for five seconds, air-dried for five minutes, and then placed in bioassay chambers containing approximately 50 insects. Mortality was assessed after 24 hours. Data were subjected to analysis of variance, and means were compared using Tukey's test at a 5% probability level. A Probit regression model was also fitted to estimate the median lethal concentration. The tested concentrations significantly influenced insect mortality. The highest mortality rates were observed at concentrations of 50% and 5%, reaching 98.0% and 95.6% for D1, and 97.2% and 94.8% for D5, respectively. The estimated LC_{50} values were 0.04409% for D1 and 0.03336% for D5, corresponding to 0.441 $\mu\text{L mL}^{-1}$ for D1 and 0.334 μL

¹Bacharel em Engenharia Agrônômica. Universidade Estadual do Tocantins - UNITINS, souza.sara@mail.uft.edu.br; <https://orcid.org/0009-0001-4279-780X> ²Professora da Universidade Estadual do Tocantins - UNITINS, roberta.zs@unitins.br; <https://orcid.org/0000-0002-3817-8520> ³Professora Universidade Católica. Palmas - TO, ritarodriguesagro@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-5369-8225> ⁴Pesquisador da Embrapa pesca e aquicultura. Palmas - TO, e-mail daniel.fragoso@embrapa.br; <https://orcid.org/0000-0002-0081-0279> ⁵Professora Universidade Federal do Tocantins-UFT. Palmas - TO, erasmolemus@uft.edu.br; <https://orcid.org/0000-0002-5167-4262> ⁶Pesquisador da Embrapa pesca e aquicultura. Palmas - TO, e-mail gustavo.campos@embrapa.br; <https://orcid.org/0000-0001-8468-5817>

mL⁻¹ for D5. The formulations exhibited high insecticidal activity and a concentration-dependent response, demonstrating potential for the development of natural products for whitefly management. Field studies are necessary to evaluate phytotoxicity, persistence, and effects on non-target organisms.

Keywords: bioinsecticide, lethal concentration, natural product, phytosanitary management, toxicity.

INTRODUÇÃO

A cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) está presente em todos os estados brasileiros e se destaca tanto pela extensão da área cultivada quanto pelo valor econômico de sua produção (Santos, 2024). O Brasil apresenta uma ampla distribuição e elevada importância econômica, com 1,27 milhão de hectares colhidos, com uma produção de 19,96 milhões de toneladas e com valor de produção de aproximadamente R\$ 18,93 bilhões em 2025 (IBGE, 2026). O Tocantins apresenta expressiva relevância socioeconômica e nutricional, especialmente por sua contribuição para a alimentação e para a geração de renda de agricultores familiares (Embrapa, 2020).

Apesar de sua ampla distribuição e adaptação às diferentes regiões brasileiras, a produtividade da mandioca pode ser comprometida por diversos fatores, entre os quais a ocorrência de pragas se destaca como um importante desafio fitossanitário (Fazolin et al., 2020). Dentre essas pragas, a mosca-branca (*Bemisia tabaci*), pertencente à família Aleyrodidae, destaca-se pela elevada importância econômica em razão dos danos diretos causados pela sucção de seiva, da transmissão de numerosos fitovírus e da crescente resistência a diferentes grupos de inseticidas, o que dificulta seu manejo (Wang et al., 2020; Zhang et al., 2020).

Na cultura da mandioca, adultos e ninfas de *Bemisia tabaci* alimentam-se da seiva do floema, provocando clorose, encarquilhamento foliar, redução do vigor e do crescimento das plantas e, em altas infestações, redução da produtividade (Macfadyen et al., 2018). Infestações severas também podem comprometer o rendimento e a qualidade das raízes de mandioca (Mkamilo et al., 2024). Além disso, a excreção de substâncias açucaradas favorece o desenvolvimento de fumagina sobre a superfície foliar, reduzindo a área fotossinteticamente ativa e, consequentemente, o desempenho fisiológico das plantas (Silva et al., 2024).

O manejo dessa praga baseia-se principalmente na aplicação de inseticidas sintéticos, enquanto estratégias alternativas, como o controle biológico, ainda apresentam adoção limitada, apesar do seu potencial para integração em programas de manejo integrado de pragas (MIP) (Javed et al., 2020). Diante dessa elevada dependência do controle químico, torna-se indispensável a busca por soluções

alternativas que sejam eficazes e potencialmente menos prejudiciais ao ambiente.

Dentre as alternativas ao controle químico convencional, os óleos essenciais desempenham importantes funções ecológicas nos vegetais, atuando na atração de polinizadores e na proteção contra predadores e patógenos. Essas propriedades têm despertado interesse na agricultura devido às suas atividades bactericida, fungicida e inseticida (Craveiro et al., 1986; Harborne, 1993). São constituídos predominantemente por monoterpenos e sesquiterpenos, têm se destacado pelo potencial inseticida, repelente e antialimentar contra diversas espécies de pragas agrícolas (Isman, 2020).

Nesse contexto, o extrato pirolenhoso constitui uma alternativa de origem natural com potencial para o manejo de pragas. Esse produto é obtido pela condensação da fumaça gerada durante a pirólise ou carbonização de biomassa vegetal, sendo posteriormente submetido à decantação e/ou filtração para remoção de impurezas. Sua composição inclui água e uma fração orgânica formada por diversos compostos, como ácidos orgânicos, fenóis, aldeídos, cetonas, álcoois, furanos e ésteres, associados às suas propriedades biológicas (Fuhr et al., 2024). Essa ampla diversidade de constituintes confere ao extrato pirolenhoso propriedades antimicrobianas, antifúngicas, inseticidas, repelentes e herbicidas, o que tem despertado interesse em sua utilização no manejo alternativo de pragas e doenças agrícolas.

Entretanto, sua composição pode variar conforme a biomassa utilizada e as condições de pirólise, dificultando a padronização das concentrações eficazes e seguras para uso agrícola. A incorporação dos óleos essenciais e do extrato pirolenhoso em sistemas microemulsionados caracterizados como dispersões homogêneas e termodinamicamente estáveis formadas por água, óleo e surfactantes, pode favorecer sua estabilidade, dispersão e disponibilidade. As microemulsões são sistemas homogêneos e termodinamicamente estáveis, constituídos por água, óleo e surfactantes, capazes de favorecer a dispersão de substâncias hidrofóbicas e prolongar a ação dos compostos ativos (Paredes, 2021).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia de duas formulações microemulsionadas, denominadas de produto D1 e D5, constituída por óleo essencial de *Corymbia citriodora*, espécie popularmente conhecida como eucalipto-limão, e extrato pirolenhoso, no controle da

mosca-branca (*Bemisia tabaci*) na cultura da mandioca. Adicionalmente, buscou-se determinar a concentração letal CL_{50} da formulação, visando contribuir para o desenvolvimento de uma alternativa de origem natural com potencial de utilização no manejo integrado dessa praga.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre outubro de 2024 e março de 2025 na Embrapa Pesca e Aquicultura, em parceria com o Laboratório de Ecofisiologia Vegetal da Universidade Federal do Tocantins, ambos localizados no município de

Palmas, Tocantins, Brasil, onde, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima regional é do tipo caracterizado como tropical, com estação chuvosa concentrada no verão e estação seca bem definida no inverno (Alvares et al., 2013).

Os dados meteorológicos regionais foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e apresentados na Figura 1. Nos cinco meses representados, a precipitação acumulada foi de 1.203,1 mm. Os maiores volumes mensais ocorreram em janeiro e fevereiro de 2025, com 346,4 e 316,8 mm, respectivamente, enquanto o menor foi registrado em março de 2025, com 156,0 mm.

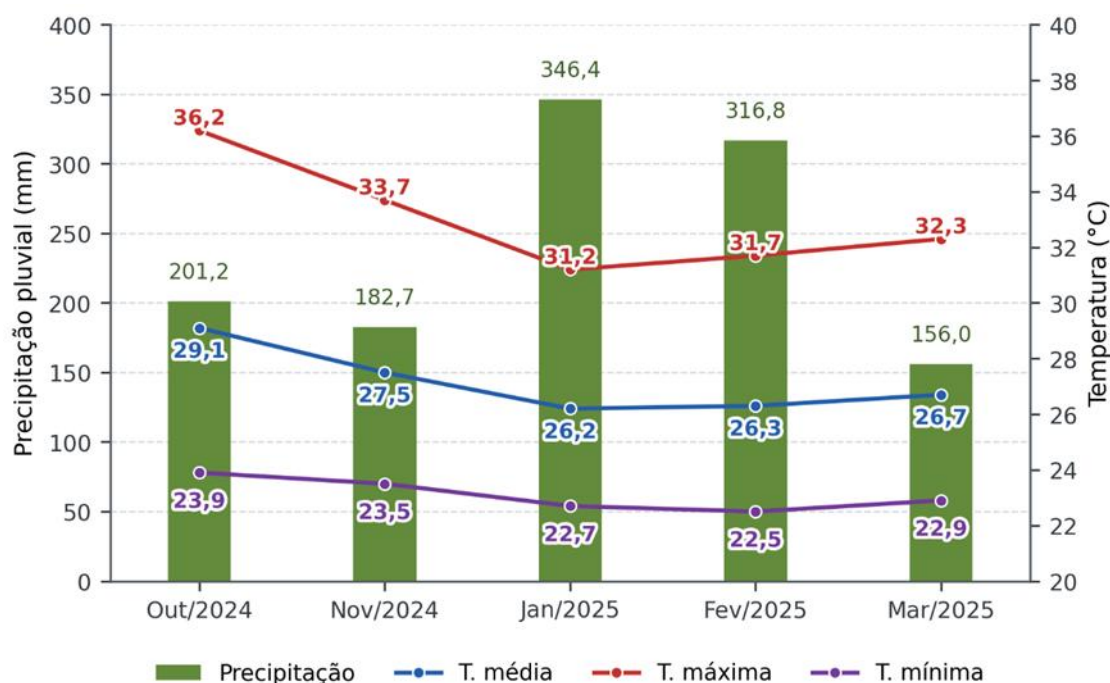


Figura 1. Dados climáticos de temperatura média, máxima e mínima do ar e precipitação pluviométrica mensal no município de Palmas, Tocantins, durante o período experimental (outubro de 2024 a março de 2025).

O plantio da mandioca foi realizado em 10 de outubro de 2024, em uma área experimental de 0,5 ha pertencente à Embrapa Pesca e Aquicultura. Foi utilizada a cultivar BRS 399, implantada no

espaçamento de $1,0 \times 1,0$ m. A adubação de plantio foi realizada com base na análise química do solo (Tabela 1) e nas recomendações para a cultura em solos do Cerrado (Sousa; Lobato, 2004).

Tabela 1. Resultados da análise química e granulométrica do solo da área experimental antes da implantação da cultura da mandioca.

Atributo	Unidade	Valor
pH (CaCl ₂)	-	4,9
Fósforo (Mehlich ⁻¹)	mg dm ⁻³	0,8
Potássio (K)	mg dm ⁻³	41
Cálcio (Ca)	cmol _c dm ⁻³	0,8
Magnésio (Mg)	cmol _c dm ⁻³	0,4
Alumínio (Al)	cmol _c dm ⁻³	0,30
H + Al	cmol _c dm ⁻³	3,10
Matéria orgânica	dag kg ⁻¹	1,6
Soma de bases (SB)	cmol _c dm ⁻³	1,30
CTC total	cmol _c dm ⁻³	4,40
Saturação por bases (V)	%	30
Saturação por alumínio (m)	%	19
Argila	g kg ⁻¹	475
Silte	g kg ⁻¹	50
Areia total	g kg ⁻¹	475

Após a implantação da cultura, foram realizados acompanhamentos periódicos para monitorar o desenvolvimento das plantas e a ocorrência in natura de mosca-branca que foi identificada por análise morfológica utilizando chaves dicotômicas, além de métodos de coleta com armadilhas adesivas e observados no microscópio óptico. A infestação foi observada a partir de meados de dezembro de 2024, quando adultos e ninfas passaram a ser encontrados nas folhas, possibilitando o início dos bioensaios. A partir da constatação da infestação natural, os insetos foram coletados diretamente na área experimental. Para a condução dos ensaios, foram confeccionadas câmaras de bioensaio utilizando copos plásticos transparentes, previamente higienizados e esterilizados, fechados com tampas do tipo *push-on* revestidas com musselina de náilon de malha fina, com aproximadamente 10.000 aberturas por cm², permitindo adequada circulação de ar e impedindo a fuga dos insetos (Figura 2A).

Em seguida, procedeu-se ao preparo do material vegetal, com a seleção de folhas saudáveis de mandioca da cultivar BRS 399 (*Manihot esculenta* Crantz), cultivadas na área experimental denominada Vitrine Tecnológica da Embrapa. O cultivo foi conduzido em ambiente aberto, sem estruturas de proteção física ou química contra a infestação da praga. Foram utilizadas plantas com aproximadamente cinco meses de idade, em fase de engrossamento das raízes. Os pecíolos foram

seccionados com tesoura previamente esterilizada, mantendo-se cerca de 4 cm de comprimento, e as lâminas foliares foram recortadas em fragmentos padronizados de 2 × 2 cm, correspondentes a uma área de 4 cm² (Figura 2B). Antes da introdução nas câmaras, os fragmentos foliares foram imersos, por 5 s, nas respectivas soluções das formulações D1 e D5, preparadas nas concentrações de 50, 5, 0,5, 0,05, 0,005 e 0,0005%. Em seguida, permaneceram em secagem ao ar por 5 min.

O bioensaio foi conduzido utilizando duas formulações microemulsionadas, denominadas D1 e D5. Para cada formulação foram avaliados seis tratamentos, com cinco repetições por tratamento, totalizando 30 unidades experimentais para D1 e 30 para D5. Dessa forma, o experimento foi constituído por 60 unidades experimentais (2 formulações × 6 tratamentos × 5 repetições). Adicionalmente, foi conduzido um tratamento controle com água destilada, com cinco repetições por formulação, cujos dados foram utilizados exclusivamente para estimativa da mortalidade natural e não integraram a ANOVA principal.

Cada unidade experimental correspondeu a uma câmara de bioensaio contendo o fragmento foliar submetido ao respectivo tratamento. Após a secagem dos fragmentos, aproximadamente 50 moscas-brancas foram transferidas para cada câmara. Em seguida, os recipientes foram imediatamente fechados e identificados de acordo com a formulação,

o tratamento e a repetição correspondente (Figura 2C).

Foram avaliadas as formulações microemulsionadas D1 e D5. Na formulação D1, 42% da composição corresponderam à mistura de Tween 20 e ácido acético, preparada na proporção 1:1, equivalente a 210 μL de Tween 20 e 210 μL de ácido acético em um volume final de 1.000 μL . Os óleos essenciais corresponderam a 52% da formulação (520 μL), sendo 422,45 μL de óleo essencial de *Corymbia*

citriodora e 97,55 μL de *Cymbopogon winterianus*. Os 6% restantes corresponderam a 60 μL de extrato pirolenhoso. Na formulação D5, 60% corresponderam à mistura de Tween 20 e ácido acético na proporção 1:1 (300 μL de cada componente), 25% ao óleo essencial de *Corymbia citriodora* (250 μL) e 15% ao extrato pirolenhoso (150 μL). Os óleos essenciais e o extrato pirolenhoso utilizados foram adquiridos comercialmente para a realização do estudo.

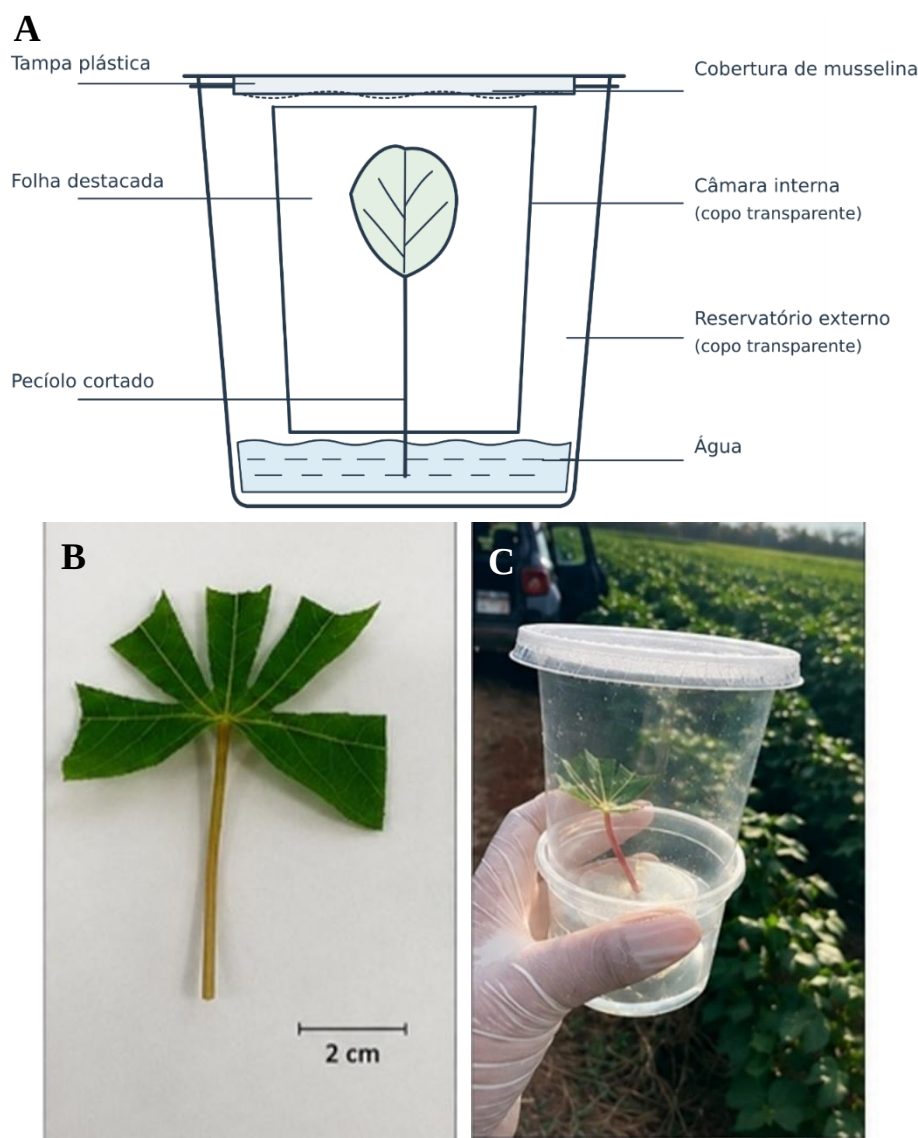


Figura 2. A: Esquema da câmara utilizada no bioensaio com adultos de mosca-branca, mostrando a câmara interna, o reservatório de água e a folha destacada com o pecíolo imerso. Adaptado de IRAC, Método nº 008 (2009); B: Material foliar da cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) utilizado no estudo; C: Câmara de bioensaio montada em campo para a coleta de adultos de mosca-branca em folhas de mandioca.

As concentrações avaliadas foram obtidas por diluições seriadas decimais. Para cada diluição, foram adicionados 20 mL da solução imediatamente anterior a 180 mL de água destilada (AD), totalizando 200 mL de solução e resultando em uma redução de dez vezes na concentração. O tratamento T1 correspondeu à concentração de 50% da formulação. Para obtenção de T2 (5%), foram adicionados 20 mL da solução T1 a 180 mL de água destilada (AD). O tratamento T3 (0,5%) foi preparado a partir de 20 mL da solução T2 adicionados a 180 mL de AD; T4 (0,05%), a partir de 20 mL da solução T3 e 180 mL de AD; T5 (0,005%), a partir de 20 mL da solução T4 e 180 mL de AD; e T6 (0,0005%), a partir de 20 mL da solução T5 e 180 mL de AD. Em todos os casos, o volume final foi de 200 mL, resultando em redução de dez vezes na concentração a cada diluição sucessiva (Tabela 2).

Os dados de mortalidade obtidos em cada concentração foram submetidos à análise de variância, após a verificação dos pressupostos de normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias. Quando constatado efeito significativo

dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, adotando-se nível de significância de 5%.

Adicionalmente, a relação entre a concentração das formulações e a mortalidade de *Bemisia tabaci* foi avaliada por meio de regressão Probit. Para o ajuste do modelo, foram utilizados o número de insetos mortos e o número total de indivíduos avaliados em cada concentração, considerando-se um modelo linear generalizado com distribuição binomial e função de ligação Probit. As concentrações foram transformadas para escala logarítmica antes do ajuste da curva concentração–resposta.

A partir do modelo ajustado, foi estimada a concentração letal mediana (CL_{50}), acompanhada de seu respectivo intervalo de confiança de 95%. Essa estimativa foi utilizada para quantificar a toxicidade de cada formulação e determinar a concentração necessária para provocar 50% de mortalidade na população avaliada. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R (R Core Team, 2023).

Tabela 2. Diluições e concentrações das formulações microemulsionadas D1 e D5 avaliadas nos bioensaios com *Bemisia tabaci*.

Tratamento	Diluição	Concentração da formulação (%)	Composição
T1	1:1	50	50% da formulação e 50% de AD
T2	1:10	5	20 mL da solução T1 e 180 mL de AD
T3	1:100	0,5	20 mL da solução T2 e 180 mL de AD
T4	1:1.000	0,05	20 mL da solução T3 e 180 mL de AD
T5	1:10.000	0,005	20 mL da solução T4 e 180 mL de AD
T6	1:100.000	0,0005	20 mL da solução T5 e 180 mL de AD

AD = água destilada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância (ANOVA) dos dados de mortalidade de adultos de mosca-branca (*Bemisia tabaci*) submetidos às formulações microemulsionadas D1 e D5 indicou efeito altamente significativo da concentração sobre a sobrevivência

dos insetos para ambas as formulações ($F=310,90$ para D1 e $F=216,76$ para D5; $GL=5,24$; $p<0,0001$), em um intervalo de 24 horas de exposição (Tabela 3). A mortalidade natural manteve-se inferior a 5%, atestando a confiabilidade e a viabilidade dos insetos nas câmaras de bioensaio durante o período de avaliação.

Tabela 3. Resumo da análise de variância (ANOVA) para o número de moscas-brancas (*Bemisia tabaci*) mortas em função das concentrações das formulações microemulsionadas D1 e D5.

Formulação	FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
D1	Tratamento	5	28162,57	5632,51	310,90	<0,0001
	Erro	24	434,80	18,12		
	Total	29	28597,37			
D5	Tratamento	5	28341,77	5668,35	216,76	<0,0001
	Erro	24	627,60	26,15		
	Total	29	28969,37			

O teste de comparação de médias de Tukey evidenciou uma clara resposta dose-dependente, dividindo os tratamentos em diferentes grupos de eficácia (Figura 3). As maiores taxas de mortalidade foram observadas nas concentrações de 50% e 5% de ambas as formulações. Para D1, foram registrados

98,0% e 95,6% de mortalidade nas concentrações de 50% e 5%, respectivamente, enquanto para D5 os valores foram de 97,2% e 94,8%, sem diferença estatística entre as formulações dentro de cada concentração entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$) (Figura 3).

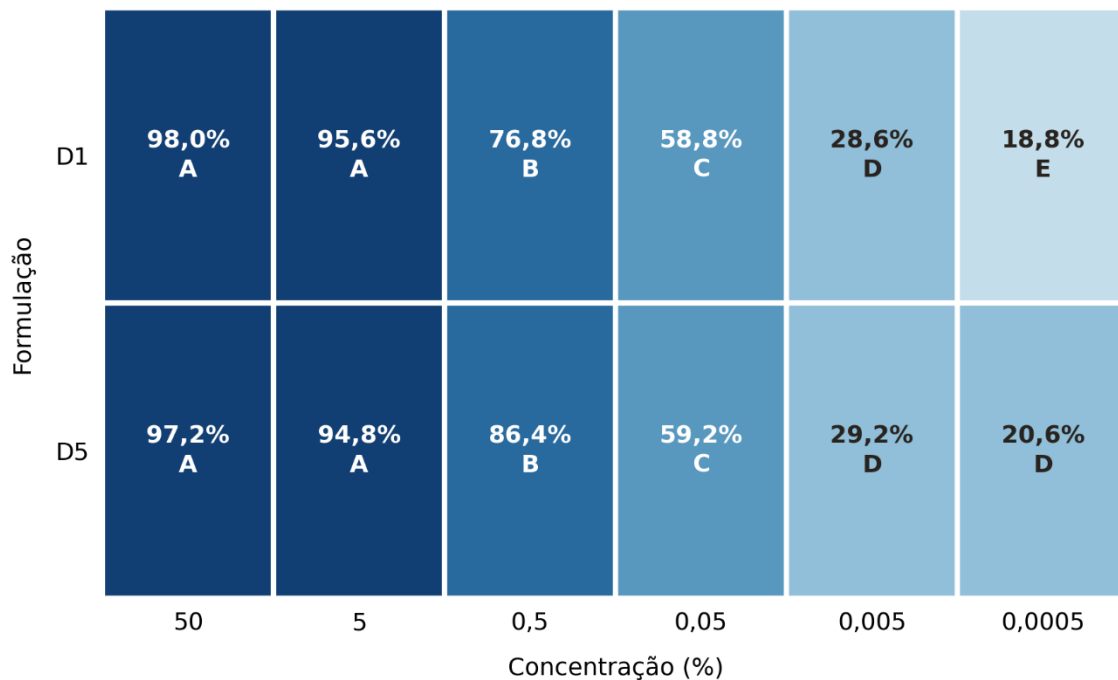


Figura 3. Mortalidade de moscas-brancas (%) após exposição às formulações D1 e D5 em diferentes concentrações. Os valores nas células representam as médias de mortalidade. Letras iguais na mesma linha indicam concentrações que não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. A tonalidade das células corresponde ao teste estatístico de Tukey, e não ao valor da média.

Por outro lado, as menores concentrações (0,005% e 0,0005%) provocaram os menores índices de mortalidade, equiparando-se estatisticamente entre si em ambas as formulações. Esses resultados demonstram que a atividade inseticida é altamente influenciada pela concentração dos princípios ativos presentes nas caldas.

O modelo de regressão Probit confirmou a elevada toxicidade das formulações, estimando

valores de concentração letal mediana (CL_{50}) de 0,04409% - correspondente a $0,44 \mu L mL^{-1}$ - (IC 95%: 0,031879–0,06099%) para D1 (Figura 4) e de 0,03336% - correspondente a $0,334 \mu L mL^{-1}$ - (IC 95%: 0,02242–0,046%) para D5 (Figura 5), considerando a densidade aproximada das caldas microemulsionadas próximas à da água ($\approx 1 g mL^{-1}$). Embora a formulação D5 tenha apresentado uma CL_{50} numericamente inferior, a sobreposição entre os

intervalos de confiança de 95% indica que não há diferença estatisticamente significativa na toxicidade

global entre D1 e D5 nas condições avaliadas (Figura 5).

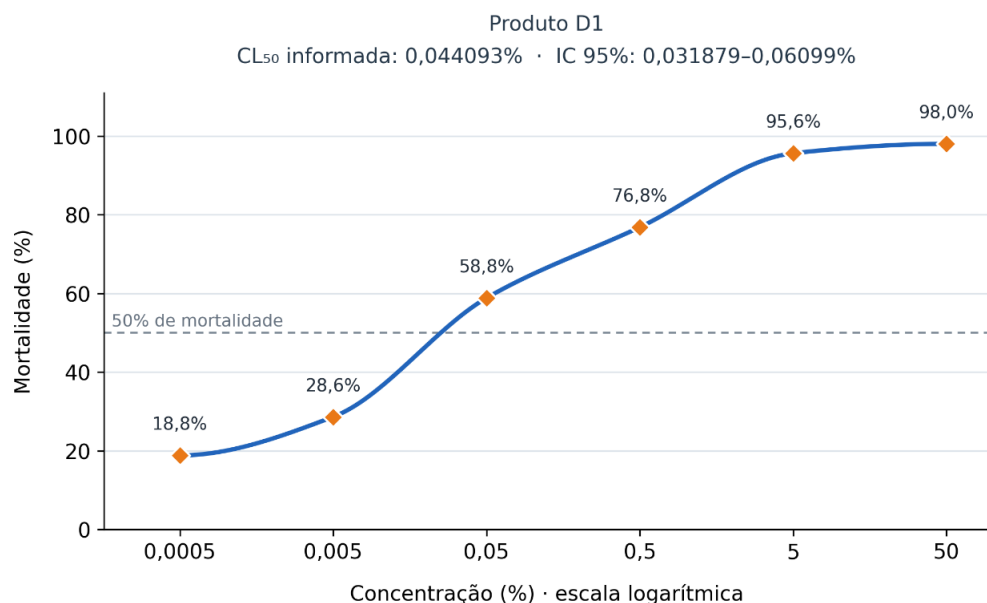


Figura 4 Mortalidade de moscas-brancas expostas a diferentes concentrações do produto D1. Os pontos representam as médias observadas, e a linha mostra a tendência da mortalidade em função da concentração, apresentada em escala logarítmica. A CL₅₀ informada foi de 0,044093% (IC 95%: 0,031879–0,06099%). A linha tracejada indica 50% de mortalidade.

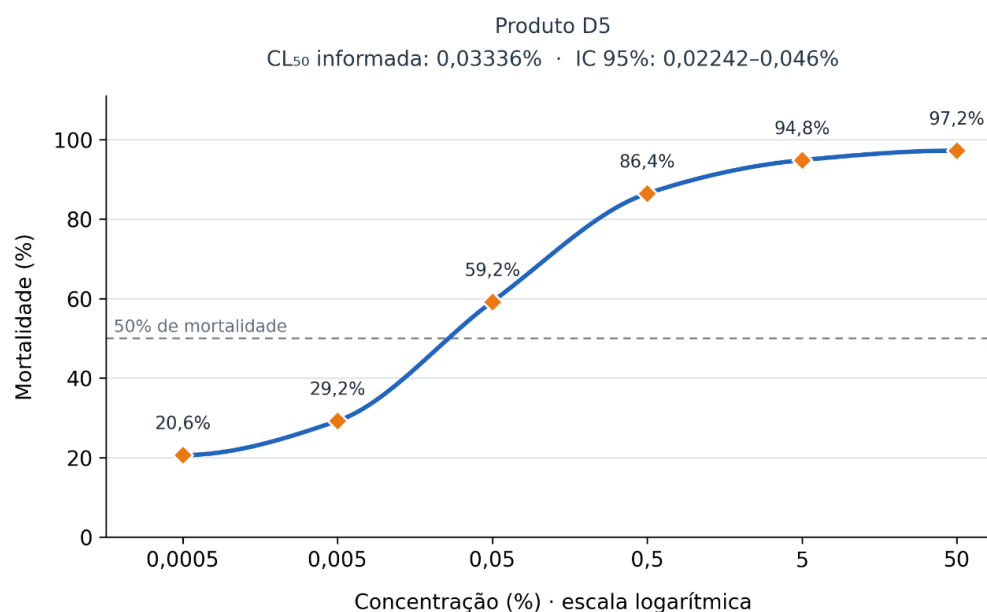


Figura 5. Mortalidade de moscas-brancas expostas a diferentes concentrações do produto D5. Os pontos representam as médias observadas, e a linha apresenta a tendência da mortalidade em função da concentração, em escala logarítmica. A linha tracejada indica 50% de mortalidade. A CL₅₀ informada foi de 0,03336% (IC 95%: 0,02242–0,046%).

A elevada atividade inseticida constatada pode ser atribuída à ação combinada dos compostos bioativos presentes no óleo essencial de *Corymbia citriodora* (presente em ambas as formulações) e de *Cymbopogon winterianus* (presente apenas em D1), bem como do extrato pirolenhoso, estruturados em um sistema microemulsionado. Os óleos essenciais são reconhecidos por sua complexa composição de monoterpenos e sesquiterpenos lipofílicos, que possuem a capacidade de atravessar rapidamente a cutícula dos insetos e interferir em vias neurotóxicas, inibindo enzimas vitais como a acetilcolinesterase (AChE) e perturbando o sistema respiratório e celular dos artrópodes (Ribeiro-Santos et al., 2018; Stevanović et al., 2018; Isman, 2020).

Adicionalmente, a incorporação desses insumos hidrofóbicos em sistemas microemulsionados, caracterizados por estabilidade termodinâmica e gotículas submicrométricas, desempenha um papel fundamental. O uso de tensoativos e agentes coadjuvantes (como o Tween 20 e o ácido acético presentes nas formulações) diminui a tensão superficial da calda, promovendo maior espalhamento sobre a superfície cerosa das folhas de mandioca e otimizando o contato direto e a absorção do ingrediente ativo pelo corpo do inseto (Paredes, 2021).

O potencial tóxico de *C. citriodora* já vem sendo documentado em outros modelos biológicos, a exemplo do estudo conduzido por Bezerra (2019), que relatou forte ação biocida. Do mesmo modo, Maia e Moore (2011) e Saraiva et al. (2021), ao avaliarem compostos voláteis e misturas de óleos essenciais sobre insetos-vetores e pragas da família Aleyrodidae, ressaltaram a alta suscetibilidade desses organismos a monoterpenos voláteis. Outros estudos com hemípteros-praga, como o realizado por Almeida Leite et al. (2022) com o afídeo *Brevicoryne brassicae* e por Silva et al. (2024) com *Planococcus citri*, reforçam que extratos vegetais ricos em terpenoides e, no caso do extrato pirolenhoso, também em compostos fenólicos, deflagram mortalidade expressiva em curtos intervalos de avaliação (24 horas).

Cumpré destacar que o extrato pirolenhoso, integrante das formulações, contribui com uma rica fração orgânica composta por ácidos orgânicos e compostos fenólicos (Fuhr et al., 2024). Essa matriz complexa não apenas potencializa a atividade biocida, mas também atua de forma combinada com os óleos essenciais, dificultando o desenvolvimento

de resistência metabólica pela praga, um dos principais gargalos associados ao controle químico convencional com inseticidas sintéticos (Wang et al., 2020; Zhang et al., 2020).

CONCLUSÃO

As Formulações D1 e D5 apresentaram elevada atividade inseticida sobre *Bemisia tabaci*, com resposta dependente da concentração. As maiores mortalidades foram observadas nas concentrações de 50 e 5%, alcançando, respectivamente, 98,0 e 95,6% para D1 e 97,2 e 94,8% para D5. O modelo Probit estimou valores de CL₅₀ de 0,04409% (v/v) para D1 e de 0,03336% (v/v) para D5, indicando toxicidade de ambas as formulações mesmo em baixas concentrações. Contudo, continuam a ser necessários estudos adicionais em condições de campo, bem como avaliações de fitotoxicidade, persistência e efeitos sobre organismos não-alvo, para confirmar a sua eficiência e segurança de utilização.

FINANCIAMENTO

O presente estudo teve apoio financeiro da Coordenação de Pessoal de Nível Superior-CAPES e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e tecnológico-CNPq.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida Leite, R.; Farias, L.R.A.; Silva, D.J.; Silva, A.B.; Costa, J.M.S.; Figueiroa, L.E.; Araújo, A.M.N. & Trindade, R.C.P. (2022). Uso potencial de óleos essenciais no controle alternativo de *Brevicoryne brassicae* L., 1758 (Hemiptera: Aphididae). **Revista Ciência Agrícola** 20(número especial): 1-5.

Alvares, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Gonçalves, J.L.M. & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift** 22(6): 711-728. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

Bezerra, D.C.C. (2019). **Efeito formicida in vitro do óleo essencial de Corymbia citriodora no controle de Atta laevigata**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, TO.

- Craveiro, A.A.; Andrade, C.H.S.; Matos, F.J.A.; Alencar, J.W. & Machado, M.I.L. (1986). Essential oils from Brazilian Compositae. **Journal of Natural Products** 49(2): 361-363. <https://doi.org/10.1021/np50044a039>
- Embrapa. (2020). **Mandioca: cultura e importância socioeconômica**. Brasília: Embrapa Mandioca e Fruticultura.
- Fazolin, M.; Santos, R.S. & Santiago, A.C.C. (2020). **Pragas associadas à cultura da mandioca no Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre. 33p.
- Fuhr, L.T.; Kunst, S.R.; Soares, L.G.; Dewes, A.; Morisso, F.; Schneider, E.; Ferreira, J. & Oliveira, C. (2024). Characterization of titanium oxide thin films obtained by galvanostatic anodization in black acacia pyroligneous liqueur. **Journal of Materials Research and Technology** 29: 2520-2532. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2024.01.160>
- Harborne, J.B. (1993). Advances in chemical ecology. **Natural Product Reports** 10: 327-348. <https://doi.org/10.1039/NP9931000327>
- Insecticide Resistance Action Committee – IRAC. (2009). **Neonicotinoids – IRM Guidelines for Sustainable Whitefly Control**. Brussels: IRAC.
- Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. (2025). **Dados históricos da estação meteorológica automática de Palmas – TO, ano de 2025**. Brasília, DF: INMET. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>.
- Isman, M.B. (2020). Botanical insecticides in the twenty-first century—fulfilling their promise? **Annual Review of Entomology** 65: 233-249. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011019-025010>
- Javed, K.; Hasan, F.; Taylor, P.W.J.; et al. (2020). A review of the biology and control of whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), with special reference to biological control using entomopathogenic fungi. **Insects** 11(9): 619. <https://doi.org/10.3390/insects11090619>
- Macfadyen, S.; Paull, C.; Boykin, L.M.; De Barro, P.; Maruthi, M.N.; Otim, M.; Kalyebi, A.; Vassão, D.G.; Sseruwagi, P.; Tay, W.T.; Delatte, H.; Seguni, Z.; Colvin, J. & Omongo, C.A. (2018). Cassava whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) in East African farming landscapes: a review of the factors determining abundance. **Bulletin of Entomological Research** 108(5): 565-582. <https://doi.org/10.1017/S0007485318000032>
- Maia, M.F. & Moore, S.J. (2011). Plant-based insect repellents: a review of their efficacy, development and testing. **Malaria Journal** 10(Suppl 1): S11. <https://doi.org/10.1186/1475-2875-10-S1-S11>
- Mkamilo, G.; Kimata, B.; Masinde, E.A.; Masisila, F.F.; Menya, R.O.; Matondo, D. & Maruthi, M.N. (2024). Impact of viral diseases and whiteflies on the yield and quality of cassava. **Journal of Plant Diseases and Protection** 131: 959-970. <https://doi.org/10.1007/s41348-024-00903-3>
- Paredes, L.A. (2021). Microemulsões em formulações tópicas para melhor biodisponibilidade. **Journal of Pharmaceutical Innovations** 14(1): 33-40.
- R Core Team. (2023). **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- Ribeiro-Santos, R.; Carvalho-Costa, D.; Cavaleiro, C.; Costa, H.S.; Albuquerque, T.G.; Ramos, F.; Castilho, M.C. & Sanches-Silva, A. (2018). Essential oils from plants: industrial applications and biotechnological production. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition** 58(1): 47-60. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1177694>
- Sani, I.; Ismail, S.I.; Abdullah, S.; Jalinas, J.; Jamian, S. & Saad, N. (2020). A review of the biology and control of whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), with special reference to biological control using entomopathogenic fungi. **Insects** 11(9): 619. <https://doi.org/10.3390/insects11090619>
- Santos, E.F. (2024). Produção de mandioca no Brasil. **Revista de Agricultura Brasileira** 45(1): 11-18.
- Saraiva, W.V.A.; Dias-Pini, N.S.; Innecco, R.; Zocolo, G.J.; Rodrigues, T.A.H.S.; Rêgo, A.S.; Amaral, E.A.; Melo, J.W.S. & Maciel, G.P.S. (2021). Toxic effects of an essential oils mixture on *Aleurodicus cocois* (Hemiptera: Aleyrodidae) and *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae).

Biocontrol Science and Technology 31(5): 526-540.
<https://doi.org/10.1080/09583157.2020.1866347>

Silva, Y.L.L.; Silva, A.B.; Silva, N.L.; Netter, L.H.O.N.L.; Santana, S.F.; Silva, M.S.; Silva, D.J.; Rocha, J.J.L.; Santos, V.A.; Silva, J.B.A. & Trindade, R.C.P. (2024). Toxicidade de cinco óleos essenciais sobre ninfas de *Planococcus citri*. **Revista Ciência Agrícola** 22(número especial): 1-5.
<https://doi.org/10.28998/rca.22.18607>

Sousa, D.M.G. & Lobato, E. (eds.). (2004). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina: Embrapa Cerrados. 416 p.

Souza, I.F.; Maciel, S.S. & Cabral Neto, O. (2024). Prejuízos que as pragas e doenças causam na cultura da mandioca. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro** 11(1): 1-17.
<https://doi.org/10.61164/rmnm.v11i1.2976>

Stevanović, Z.D.; Bošković, M.; Zdravković, N.; Ivanović, J.; Janjić, J.; Baltić, M.Ž. & Starčević, M. (2018). Essential oils as feed additives—future perspectives. **Molecules** 23(7): 1717.
<https://doi.org/10.3390/molecules23071717>

Wang, F.; Liu, J.; Chen, P.; Li, H.Y.; Ma, J.J.; Liu, Y.J. & Wang, K. (2020). *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) insecticide resistance in Shandong Province, China. **Journal of Economic Entomology** 113(2): 911-917. <https://doi.org/10.1093/jee/toaa017>

Zhang, Q.; Yang, F.; Tong, H.; Hu, Y.; Zhang, X.; Tian, T.; Zhang, Y. & Su, Q. (2020). Resistance to insecticides in the field and baseline susceptibility to cyclaniliprole of whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) in China. **Crop Protection** 130: 105065.
<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.105065>