

UNIVERSIDADE PARANAENSE – UNIPAR
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PLANTAS MEDICINAIS E FITOTERÁPICOS
NA ATENÇÃO BÁSICA

WESLEY HENRIQUE SECUNDINI

**POTENCIAL AÇÃO INSETICIDA DA *CYMBOPOGON WINTERIANUS* JOWITT EX
BOR (CITRONELA) NO CONTROLE DE LARVAS DO *AEDES AEGYPTI*
(LINNAEU, 1762).**

WESLEY HENRIQUE SECUNDINI

**POTENCIAL AÇÃO INSETICIDA DA *CYMBOPOGON WINTERIANUS* JOWITT EX
BOR (CITRONELA) NO CONTROLE DE LARVAS DO *AEDES AEGYPTI*
(LINNAEU, 1762)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Plantas Medicinais e Fitoterápicos na Atenção Básica da Universidade Paranaense como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Plantas Medicinais e Fitoterápicos na Atenção Básica com área de concentração em Sistemas Produtivos e de Utilização de Plantas Medicinais e Fitoterápicos.

Orientação: Dra. Daniela Dib Gonçalves

Umuarama
2026

Ficha Catalográfica

S446p Secundini, Wesley Henrique.

Potencial ação inseticida da *Cymbopogon winterianus* Jowitt ex Bor (Citronela) no controle de larvas do *Aedes aegypti* (Linnaeu, 1762) / Wesley Henrique Secundini. – Umuarama: Universidade Paranaense – UNIPAR, 2026.
104 f.

Orientadora: Dr^a. Daniela Dib Gonçalves.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Paranaense – UNIPAR.

1. Bioativo. 2. Atividade biológica. 3. Dengue. 4. Larvicida. 5. Planta medicinal. I. Universidade Paranaense – UNIPAR. II. Título.

(21 ed.) CDD: 615.321

Bibliotecária Responsável Regiane Luiza Campaneli CRB 9/2194

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Pesquisa Pré Clínica de Produtos Naturais e Bioativos da Universidade Paranaense, do Mestrado Profissional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos na Atenção Básica da Universidade Paranaense e na *Unidade de* Umuarama como requisito para a obtenção do título de Mestre pelo Mestrado Profissional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos na Atenção Básica – Área de Concentração em Sistemas Produtivos e de Utilização de Plantas Medicinais e Fitoterápicos, sob orientação da Dra. Daniela Dib Gonçalves.

**POTENCIAL AÇÃO INSETICIDA DA *CYMBOPOGON WINTERIANUS* JOWITT EX
BOR (CITRONELA) NO CONTROLE DE LARVAS DO *AEDES AEGYPTI*
(LINNAEU, 1762)**

Os recursos financeiros para o desenvolvimento do projeto foram obtidos junto às agências e órgãos de fomento à pesquisa abaixo relacionadas:

1 UNIPAR: Universidade Paranaense

2 COAPES: Contrato Organizativo de Ação Pública Ensino – Saúde

WESLEY HENRIQUE SECUNDINI

**POTENCIAL AÇÃO INSETICIDA DA *CYMBOPOGON WINTERIANUS* JOWITT EX
BOR (CITRONELA) NO CONTROLE DE LARVAS DO *AEDES AEGYPTI*
(LINNAEU, 1762)**

Trabalho de conclusão do Programa de Pós-Graduação em Plantas Medicinais e Fitoterápicos na Atenção Básica aprovado como requisito para obtenção do título de Mestre em Plantas Medicinais e Fitoterápicos na Atenção Básica pela Universidade Paranaense – UNIPAR, pela seguinte banca examinadora:

Dra. Daniela Dib Gonçalves
Doutora em Ciência Animal pela Universidade Estadual de Londrina (UEL)

Dr. Odair Alberton
Doutor em Production Ecology and Resource Conservation pela Wageningen University
(WUR) - Holanda

Dra. Lorryne de Souza Araujo Martins Motta
Doutora em Medicina Veterinária Preventiva pela Universidade Estadual Paulista (UNESP) -
Botucatu

Umuarama, 22 de agosto de 2026.

AGRADECIMENTOS

A meu Deus e Criador Soberano Senhor Jeová, pela capacidade que me foi dada para realizar este projeto.

A Universidade Paranaense por me proporcionar a oportunidade de formação em programa de mestrado tão relevante para a saúde pública do Município de Umuarama.

A minha orientadora Dra. Daniela Dib Gonçalves, pela paciência diante das minhas intensas ansiedades no decorrer do curso, e pela sabedoria em me conduzir a elaboração de um trabalho de pesquisa que fosse de relevância para ao Município de Umuarama.

Ao Prof. Dr. Odair Alberton pelo sincero apoio no desenvolvimento desta pesquisa, disponibilizando a estrutura necessária para a execução das pesquisas e entendimento dos resultados alcançados.

A Professora Dra. Lidiane Nunes Barbosa que não mediu esforços para nos incluir neste programa de mestrado tão importante para a saúde pública do Município de Umuarama/PR.

A Ângela da Silva Biazon, a Prof^a. Marina Gimenez e ao Franzimar Siqueira de Moraes ex-diretor de saúde de Umuarama, grandes incentivadores e corresponsáveis pela nossa entrada neste processo de formação.

A Dra. Mariana Moraes Pinc por me orientar nos procedimentos laboratoriais, sempre com muita cordialidade e desprendimento e extraordinário domínio das técnicas laboratoriais.

A minha família por estar sempre ao meu lado e me apoiando nesta intensa jornada.

“Nada do que fazemos tem valor sem amor, pois o amor é verdadeiro.....tudo suporta, tudo acredita, tudo espera e tudo persevera” (1 Coríntios 13: 1-7)

SECUNDINI, Wesley Henrique. **Potencial ação inseticida da *Cymbopogon winterianus* Jowitt ex Bor (Citronela) no controle de larvas do *Aedes aegypti* (Linnaeu, 1762).** Orientador: Daniela Dib Gonçalves. 2026. 104 f. Dissertação (Mestrado em Plantas Medicinais e Fitoterápicos na Atenção Básica) - Universidade Paranaense, Umuarama, 2026.

RESUMO

A *Cymbopogon winterianus* Jowitt ex Bor (Citronela) é uma planta originária da Ásia, África e América, que possui ação inseticida, bactericida e repelente, com elevado potencial no combate as larvas do *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762). As doenças transmitidas por vetores são uma preocupação crescente para a saúde pública, especialmente em regiões tropicais. No Brasil, a alta incidência de dengue, chikungunya, zika e febre amarela evidencia os desafios no controle do *A. aegypti*. Nesse contexto, além das estratégias tradicionais, o uso de óleos essenciais de plantas medicinais surge como alternativa promissora e ambientalmente sustentável. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a potencial ação inseticida do óleo essencial de *C. winterianus* sobre as larvas do *A. aegypti* e caracterizar a composição química por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG-EM). As folhas foram coletadas entre 8:00 e 9:00 horas do Horto Medicinal da Universidade Paranaense, sendo posteriormente trituradas, pesadas e o óleo essencial extraído por hidrodestilação. A caracterização química foi realizada por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas. Larvas de *A. aegypti*, obtidas de ovitrampas fornecidas gentilmente pela Vigilância Ambiental de Umuarama foram submetidas aos testes de mortalidade com diferentes concentrações do óleo. No teste in vitro os tratamentos utilizados foram: controle negativo com água destilada + dimetilsulfóxido (DMSO 2%); água destilada + (DMSO 2%) + 1 ; 10; 100; 250 e 500 $\mu\text{g mL}^{-1}$ do óleo essencial em quatro repetições, totalizando 24 unidades experimentais. No teste confirmatório os tratamentos utilizados foram: controle negativo com água destilada + dimetilsulfóxido (DMSO 2%); água destilada + (DMSO 2%) + 250 ; 300; 350; 400; 450 e 500 $\mu\text{g mL}^{-1}$ do óleo essencial em quatro repetições, totalizando 24 unidades experimentais. As avaliações consistiram em contagem do número de larvas mortas após 24 horas, determinação da Concentração Letal 50 e 90. Os dados foram analisados estatisticamente por ANOVA e teste de Tukey, regressão e correlação com uso do software SPSS. O óleo essencial apresentou como compostos majoritários citronelal (50,66%), geraniol (16,54%) e citronelol (12,27%) amplamente reconhecidos pela atividade larvicida sobre *A. aegypti*. A mortalidade entre 98 e 100% em concentrações $\geq 250 \mu\text{g mL}^{-1}$, evidenciou forte relação dose-resposta, sustentada por regressão significativa ($p < 0,05$) e alto coeficiente de determinação ($R^2=0,8471$). Os valores de CL50 (152,70 $\mu\text{g mL}^{-1}$) e CL90 (221,10 $\mu\text{g mL}^{-1}$), aliados ao melhor ajuste do modelo não linear ($R^2=0,9960$), confirmam o

padrão sigmoidal típico de compostos bioativos. No teste definitivo, a mortalidade observada entre 98% e 100% em todas as concentrações $\geq 250 \mu\text{g mL}^{-1}$ evidenciam alta eficácia e máximo efeito, indicando que são suficientes para controle larval efetivo. Esses resultados evidenciam o alto potencial larvicida do óleo essencial de citronela e indicam que sua eficácia pode estar associada à ação sinérgica de monoterpenos bioativos. Assim conclui-se que o óleo essencial de citronela se apresenta como alternativa sustentável ao controle larval do *A. aegypti* conforme demonstrado neste estudo, tornando-se uma alternativa promissora ao combate vetorial. Este estudo está alinhado as ODS: 3 (Saúde e Bem-Estar), 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis), 12 (Consumo e Produção Responsáveis) e 15 (Vida Terrestre).

Palavras-chave: Bioativo. Atividade biológica. Dengue. Larvicida. Planta medicinal.

SECUNDINI, Wesley Henrique. **Potential Insecticidal Activity of *Cymbopogon winterianus* Jowitt ex Bor (Citronella) in the Control of *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) Larvae.** Advisor: Daniela Dib Gonçalves. 2026. 104 p. Master's Dissertation (Master's Program in Medicinal Plants and Herbal Medicines in Primary Health Care) – Universidade Paranaense, Umuarama, Brazil, 2026.

ABSTRACT

Cymbopogon winterianus Jowitt ex Bor (citronella) is a plant native to Asia, Africa, and the Americas that exhibits insecticidal, bactericidal, and repellent properties, with considerable potential for controlling *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) larvae. Vector-borne diseases have become an increasing public health concern, particularly in tropical regions. In Brazil, the high incidence of dengue, chikungunya, Zika, and yellow fever highlights the challenges associated with controlling *A. aegypti*. In this context, in addition to conventional control strategies, the use of essential oils derived from medicinal plants has emerged as a promising and environmentally sustainable alternative. Therefore, the objective of this study was to evaluate the insecticidal potential of the essential oil of *C. winterianus* against *A. aegypti* larvae and to characterize its chemical composition by gas chromatography–mass spectrometry (GC–MS). The leaves were collected between 8:00 and 9:00 a.m. from the Medicinal Plant Garden of Universidade Paranaense. Subsequently, they were ground, weighed, and the essential oil was extracted by hydrodistillation. The chemical characterization was performed by gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC–MS). *A. aegypti* larvae, obtained from ovitrap eggs kindly provided by the Environmental Health Surveillance Service of Umuarama, were subjected to mortality assays using different concentrations of the essential oil. In the *in vitro* assay, the following treatments were evaluated: negative control consisting of distilled water plus dimethyl sulfoxide (2% DMSO); distilled water plus 2% DMSO containing 1, 10, 100, 250, and 500 $\mu\text{g mL}^{-1}$ of the essential oil, with four replicates per treatment, totaling 24 experimental units. In the confirmatory assay, the treatments consisted of the negative control (distilled water plus 2% DMSO) and distilled water plus 2% DMSO containing 250, 300, 350, 400, 450, and 500 $\mu\text{g mL}^{-1}$ of the essential oil, also with four replicates, totaling 24 experimental units. The evaluations consisted of counting the number of dead larvae after 24 hours of exposure and determining the median lethal concentration (LC_{50}) and the 90% lethal concentration (LC_{90}). Data were statistically analyzed using analysis of variance (ANOVA), Tukey's multiple comparison test, regression analysis, and correlation analysis with SPSS software. The essential oil presented citronellal (50.66%), geraniol (16.54%), and citronellol (12.27%) as its major constituents, compounds widely recognized for their larvicidal activity

against *Aedes aegypti*. Mortality rates ranging from 98% to 100% at concentrations $\geq 250 \mu\text{g mL}^{-1}$ demonstrated a strong dose–response relationship, supported by significant regression analysis ($p < 0.05$) and a high coefficient of determination ($R^2 = 0.8471$). The LC_{50} ($152.70 \mu\text{g mL}^{-1}$) and LC_{90} ($221.10 \mu\text{g mL}^{-1}$) values, together with the superior fit of the nonlinear model ($R^2 = 0.9960$), confirmed the characteristic sigmoidal response pattern of bioactive compounds. In the confirmatory assay, mortality rates between 98% and 100% at all concentrations $\geq 250 \mu\text{g mL}^{-1}$ demonstrated high efficacy and maximum biological effect, indicating that these concentrations are sufficient to achieve effective larval control. These findings demonstrate the remarkable larvicidal potential of citronella essential oil and suggest that its efficacy may be associated with the synergistic action of bioactive monoterpenes. It can therefore be concluded that citronella essential oil represents a sustainable alternative for the larval control of *A. aegypti*, as demonstrated in this study, constituting a promising strategy for vector control. Furthermore, this research is aligned with the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs): Goal 3 (Good Health and Well-being), Goal 11 (Sustainable Cities and Communities), Goal 12 (Responsible Consumption and Production), and Goal 15 (Life on Land).

Keywords: Bioactive compound. Biological activity. Dengue. Larvicide. Medicinal plant.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

**Revisão da Literatura – Alternativas Sustentáveis para o Controle do *Aedes aegypti*:
Potencial do Óleo Essencial de Citronela (*Cymbopogon winterianus* ex Bor)**

Figura 1 – Ciclo biológico do <i>Aedes aegypti</i>	25
Figura 2 – Modelo de armadilha larvitrapa feita com pneu de carro.....	26
Figura 3 – Armadilha ovitrapa.....	27
Figura 4 – Modelo de armadilha adultrapa.....	28
Figura 5 – Fórmula estrutural dos bioativos (1) Citronelal, (2) Citronelol e (3) Geraniol.....	42
Figura 6 – Ilustração da técnica da hidrodestilação.....	43
Figura 7 – Ilustração da técnica de destilação por arraste a vapor.....	44

Artigo - Potencial do Óleo Essencial de *Cymbopogon winterianus* para o Controle Sustentável de *Aedes aegypti*: Composição Química e Atividade Larvicida

Figura 1 – Mortalidade de larvas de terceiro/quarto instar de <i>A. aegypti</i> com o aumento da concentração do óleo essencial de citronela.....	73
--	----

LISTA DE TABELAS

Revisão da Literatura – Alternativas Sustentáveis para o Controle do *Aedes aegypti*: Potencial do Óleo Essencial de Citronela (*Cymbopogon winterianus* ex Bor)

Tabela 1 – Histórico da dengue no município de Umuarama entre 2014 – 2024.....31

Tabela 2 – Características gerais dos bioativos citronelal, citronelol e geraniol presentes no óleo da citronela e suas estruturas moleculares.....42

Artigo - Potencial do Óleo Essencial de *Cymbopogon winterianus* para o Controle Sustentável de *Aedes aegypti*: Composição Química e Atividade Larvicida

Tabela 1 – Composição química do óleo essencial (%) de citronela.....70

Tabela 2 – Mortalidade de larvas de *Aedes aegypti* expostas a diferentes concentrações do tratamento em ensaio in vitro.....71

Tabela 3 – Análise de regressão linear entre concentrações e mortalidade larval do *A. aegypti*.....72

Tabela 4 – Resultados de mortalidade de larvas de *A. aegypti* no teste definitivo.....73

LISTA DE QUADROS

Revisão da Literatura – Alternativas Sustentáveis para o Controle do *Aedes aegypti*: Potencial do Óleo Essencial de Citronela (*Cymbopogon winterianus* Ex Bor

Quadro 1 – Histórico da evolução das políticas sobre plantas medicinais no Brasil...37

LISTA DE SIGLAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BNAFAR	Base Nacional de Dados de Ações e Serviços da Assistência Farmacêutica
BTI	<i>Bacillus thuringiensis israelensis</i>
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CENARGEM	Centro Nacional de Recursos Genéticos
CG-EM	Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas
CL	Concentração Letal
cm	Centímetro
d	Densidade
DEET	N,N-dietil-meta-toluamida
DENV	Dengue vírus sorotipo
DMSO	Dimetilsulfóxido
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
<i>et al</i>	Do latim <i>et alii</i> “e outros”
ex	Do latim “a partir de / conforme / segundo”
FIOCRUZ	Fundação Oswaldo Cruz
g	Gramas
g. cm ⁻³	Gramas por centímetro cúbico
g L ⁻¹	Gramas por litro
g. mol ⁻¹	Gramas por mol
IR 3535	Ethyl Butylacetylaminopropionate
IOC	Instituto Oswaldo Cruz
m	metros
MIP	Manejo Integrado de Pragas
mol	Unidade quantidade de matéria
m/m	Massa / massa
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OPAS	Organização Pan-Americana de Saúde
P.E	Ponto de Ebulição
P.F	Ponto de Fusão
PNPIC	Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares

PNPMF	Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos
Pv	Pressão de vapor
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
RENAME	Relação Nacional de Medicamentos Essenciais
RenisUS	Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao Sistema Único de Saúde
SUS	Sistema Único de Saúde
ppm	Parte por milhão
UBV	Ultrabaixo Volume
UNIPAR	Universidade Paranaense

LISTA DE SÍMBOLOS

@	Arroba
C ₅ H ₈	Cadeia de isopreno
CO ₂	Dióxido de Carbono
°C	Graus Celsius
OH ⁻	Hidroxila
Ca ⁺⁺	Íon cálcio
μL	Microlitro
mL	Mililitro
mmHg	Milímetros de mercúrio
%	Porcentagem
Na ₂ SO ₄	Sulfato de Sódio

SUMÁRIO

1	CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
1.1	Introdução	22
1.2	Revisão da Literatura – ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS PARA O CONTROLE DO <i>AEDES AEGYPTI</i>: POTENCIAL DO ÓLEO ESSENCIAL DE CITRONELA (<i>CYMBOPOGON WINTERIANUS</i> <i>JOWITT</i> EX BOR).....	24
1.3	Referências	48
1.4	Objetivo	58
2	CAPÍTULO 2 – ARTIGO,.....	59
	ARTIGO - Potencial do Óleo Essencial de <i>Cymbopogon winterianus</i> para o Controle Sustentável de <i>Aedes aegypti</i>: Composição Química e Atividade Larvicida.....	60
	RESUMO.....	61
	ABSTRACT.....	63
1.	Introdução	65
2.	Material e Métodos	67
2.1	Obtenção do material vegetal e preparo.....	67
2.2	Extração do óleo essencial e determinação do rendimento.....	67
2.3	Caracterização química do óleo por CG/EM.....	67
2.4	Criação e cuidados com as larvas.....	68
2.5	Teste de mortalidade.....	68
2.5.1	Teste Preliminar (in vitro).....	68
2.5.2	Teste confirmatório.....	69
2.6	Análise Estatística.....	69

3.	Resultados.....	70
3.1	Rendimento do óleo essencial de citronela.....	70
3.2	Caracterização química do óleo por CG/EM.....	70
3.3	Teste de mortalidade.....	71
3.3.1	Teste in vitro.....	71
3.3.2	Teste confirmatório.....	73
4.	Discussão.....	74
5.	Conclusão.....	78
	Agradecimentos.....	79
	Referências	79
3	CONCLUSÃO	88
4	APÊNDICES.....	89
	Cartilha Educativa:“Alternativas sustentáveis para o controle do Aedes aegypti: Protegendo a Saúde e o Meio Ambiente.”.....	90
	ANEXO 1 - Normas da Journal of Essencial Oil Research.....	104

CAPÍTULO 1

REVISÃO DA LITERATURA

**ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS PARA O CONTROLE DO *AEDES AEGYPTI*:
POTENCIAL DO ÓLEO ESSENCIAL DE CITRONELA (*CYMBOPOGON*
WINTERIANUS JOWITT EX BOR)**

O capítulo 1 foi editado de acordo com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS PARA O CONTROLE DO *Aedes Aegypti*: POTENCIAL DO ÓLEO ESSENCIAL DE CITRONELA (*Cymbopogon winterianus* Jowitt ex Bor)

1.1 Introdução

As doenças transmitidas por vetores tem sido uma preocupação crescente para a saúde pública em nível mundial, principalmente em regiões tropicais e subtropicais, onde os fatores ambientais e sociais têm favorecido a circulação das arboviroses. No Brasil, a elevada incidência da dengue, chikungunya, zika vírus e febre amarela evidencia a complexidade do controle do *Aedes aegypti*, mosquito adaptado ao ambiente urbano e responsável pela disseminação dessas enfermidades (Lima-Camara, 2024).

A permanência e a expansão desse vetor estão diretamente relacionadas à urbanização acelerada e desordenada, às mudanças climáticas, às deficiências no saneamento básico e à adoção insuficiente de práticas preventivas pela população. Todo esse conjunto de condições contribuem para o aumento da densidade vetorial e para a recorrência de surtos e epidemias, impondo grande pressão sobre os serviços de saúde e elevando os custos sociais e econômicos associados ao manejo das doenças (Donalisio *et al*, 2017).

Historicamente, as estratégias de enfrentamento do *A. aegypti* basearam-se, majoritariamente, no uso de inseticidas químicos e em ações de controle mecânico. Embora essas medidas tenham apresentado resultados relevantes ao longo do tempo, sua eficácia vem sendo comprometida pelo surgimento de populações resistentes aos princípios ativos utilizados, além dos impactos ambientais e dos riscos potenciais à saúde humana decorrentes do uso prolongado desses produtos. Tal cenário reforça a necessidade de abordagens complementares, que integrem eficácia, segurança e sustentabilidade ambiental (Lima-Camara, 2024).

Nesse contexto, a utilização de produtos de origem vegetal, especialmente os óleos essenciais extraídos de plantas medicinais, tem despertado crescente interesse científico. A citronela (*Cymbopogon* spp.), reconhecida por suas propriedades repelentes e inseticidas, apresenta compostos bioativos capazes de interferir no comportamento e no ciclo de vida do *A. aegypti*, configurando-se como uma alternativa promissora para o desenvolvimento de produtos para estratégias de controle vetorial mais ecológicas (Souza *et al*. 2024).

Dessa forma, a presente seção propõe-se a discutir os aspectos biológicos do *Aedes aegypti*, a distribuição e os impactos epidemiológicos das principais arboviroses associadas a esse vetor, bem como os métodos de controle atualmente empregados, com especial atenção ao

potencial do óleo essencial da citronela como ferramenta complementar no combate ao mosquito, contribuindo para o enfrentamento sustentável das arboviroses no contexto da saúde pública.

1.2 Revisão da Literatura

1.2.1 *Aedes aegypti*

Aedes aegypti (Linnaeus, 1762) é o nome da principal espécie de mosquito responsável pela transmissão do vírus da dengue, febre chikungunya, zika vírus e a febre-amarela, tendo como característica marcante a presença de listras brancas nas pernas e no dorso (em formato de uma lira) (Lima; Corrêa; Uehara, 2024).

Originário do Egito, na África, se espalhou pelas regiões tropicais e subtropicais do planeta desde o século 16, período das grandes navegações, sendo introduzido no Novo Mundo no período colonial, por meio de navios que traficavam escravos. Sua primeira descrição cientificamente ocorreu pela primeira vez em 1762, quando foi denominado *Culex aegypti*. Somente em 1818 o nome definitivo *A. aegypti* foi estabelecido após a descrição do gênero *Aedes* (FIOCRUZ, 2024b).

No início do Século XX o pesquisador Antônio Gonçalves Peryassú, pesquisador do Instituto Soroterápico Federal, que ganhou o nome de Instituto Oswaldo Cruz (IOC) fez descobertas sobre o ciclo de vida, os hábitos e a biologia do *A. aegypti*. Seus estudos trouxeram preciosas informações sobre aspectos morfológicos, como a resistência à dessecação do ovo do mosquito, que pode ficar até um ano sem contato com a água. Também fez observações quanto à produtividade dos criadouros, questão ainda debatida na atualidade, afirmando que, em geral, grandes reservatórios de água são os focos mais produtivos do vetor. (FIOCRUZ, 2024b).

O *A. aegypti* está adaptado a áreas urbanas, onde encontra uma grande disponibilidade de locais propícios para os depósitos de ovos, vivendo dentro ou ao redor de domicílios ou de outros locais frequentados por seres humanos, como estabelecimentos comerciais, escolas, igrejas, entre outros (Brasil, 2024a).

Dentre os fatores climáticos, a temperatura e a pluviosidade influenciam as infestações pelo *A. aegypti*, sendo necessário adotar medidas permanentes de controle do vetor, durante todo o ano, com ações preventivas de busca e eliminação dos criadouros (Brasil, 2024a).

As ações antrópicas como os desmatamentos clandestinos, ocupações populacionais desordenadas, condições sanitárias inadequadas e dificuldade de implementação de medidas sanitário-educativas para prevenção dessas doenças e controle efetivo dos vetores, vem contribuindo cada vez mais para a sobrevivência do vetor (Lima *et al.*, 2024).

A fêmea tem hábitos preferencialmente diurnos, alimentando-se de sangue humano para fazer a maturação dos seus ovos, ocorrendo desta forma a transmissão da dengue, quando o inseto carrega um dos quatro sorotipos do vírus (FIOCRUZ, 2024). Elas encontram seus

hospedeiros por meio de um sistema olfativo que detecta compostos químicos atraentes, como CO₂ exalado e o suor dos seres humanos, como moléculas de feromônios, estrogénios, aminoácidos, ácidos graxos, aldeídos entre outros que são uma combinação presente no suor (Freire, 2017).

O *A. aegypti* passa por quatro estágios até chegar à forma de mosquito: ovo, larva, pupa e adultos (Figura 1). O ciclo pode variar de acordo com a temperatura, disponibilidade de alimento e quantidade de larvas existentes no mesmo criadouro. Havendo condições ambientais favoráveis, o ciclo ovo – mosquito adulto, demora entre sete e dez dias (FIOCRUZ, 2019).

Atualmente uma das principais formas dos programas municipais de monitoramento de infestação do mosquito *Aedes* e obtenção de indicadores entomológicos de maneira rápida e oportuna é o Levantamento de Índice Rápido (LIRA). O LIRA é um inquérito amostral de imóveis, onde o Índice de Infestação Predial (IIP) obtido é utilizado como base para delimitar as áreas prioritárias que receberão as intervenções, de modo a identificar e eliminar os criadouros responsáveis pela proliferação do vetor (Ribeiro *et al*, 2021).

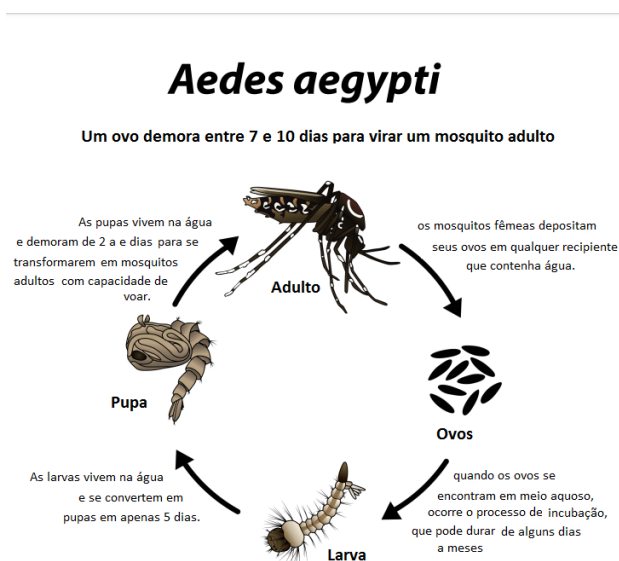


Figura 1 – Ciclo biológico do *Aedes aegypti*.

Fonte: Instituto Oswaldo Cruz (IOC / Fiocruz). 19 dez 2019. Disponível em: portal.fiocruz.br/pergunta/como-e-o-ciclo-de-vida-do-mosquito-aedes-aegypti. Acesso em: 09 ago 2024.

Este método tem relevada importância nas Diretrizes Nacionais para Prevenção e Controle de Epidemias de Dengue, sendo considerado uma “carta de navegação” para identificar áreas mais infestadas em determinado território, sem a qual a efetividade das medidas de controle estaria comprometida. No entanto, um estudo realizado em Fortaleza (CE),

demonstrou que os índices aferidos pelo LIR Aa não demonstraram boa confiabilidade para prever a escala ou a localização da transmissão imediata ou posterior da dengue (Ribeiro *et al*, 2021).

Outra forma de monitoramento de infestação do vetor é a utilização de armadilhas, como exemplo, as larvitampas, ovitampas e adultrampas (FIOCRUZ, 2022). As larvitampas são recipientes feitos com recipientes de barro ou partes de pneus, onde é adicionado água com atrativo (levedo de cerveja, ou solução de feno). Geralmente são instaladas em portos fluviais ou marítimos, aeroportos, terminais rodoviários, ferroviários, de passageiros e de carga, pendurada em locais abertos e sombreados (Figura 2). Após a instalação monitora-se a ocorrência de chuvas que completarão o recipiente com água, ocorrendo assim o contato dos ovos depositados pelas fêmeas e a eclosão das larvas, que serão coletadas e encaminhadas ao laboratório da vigilância ambiental para a identificação da espécie (FUNASA, 2017).



Figura 2 – Modelo de armadilha larvitampa feita com pneu de carro.

Fonte: Fundação Nacional de Saúde (Funasa). 2017. Disponível em: <https://www.funasa.gov.br/galeria-virtual-de-pecas-funasa>. Acesso em: 26 jun 2025.

As ovitampas são armadilhas compostas por um vaso de planta sem furos de aproximadamente 500 mL, onde é adicionado 300 mL de água, 1 mL de solução de levedo de cerveja e uma paleta de Eucatex fixada com clipe grande de papel e instaladas fora do domicílio em locais protegidos da chuva (Figura 3). O monitoramento ocorre uma vez por semana ou em menor período conforme o critério estabelecido pela autoridade de vigilância responsável pelo monitoramento. Após o período estabelecido ocorre a recolha das paletas contendo os ovos do

vetor, que serão armazenados em pranchas de isopor, levadas ao laboratório para secagem por período que varia entre 24 a 48 horas, para posterior contagem dos ovos com auxílio de microscópio ou estereoscópio (FIOCRUZ, 2022).



Figura 3 – Armadilha ovitrampa.

Fonte: Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). 2022. Disponível em: https://cursos.matogrossodosul.fiocruz.br/mod/ppuunasus/webview.php/mod/ppuunasus/323/mod3_un3_sec4_pag2.html#:~:text=Armadilhas%20larvitrapas%20De%20acordo%20com%20as%20DNPCED%2C,terminais%20rodovi%C3%A1rios%2C%20ferrovi%C3%A1rios%2C%20de%20passageiros%20e%20de. Acesso em: 26 jun 2025.

Adultrampas são armadilhas de diferentes modelos usadas para a captura de mosquitos adultos, que podem usar ou não atrativos (levedo de cerveja, solução de feno) (Figura 4). Uma das principais dificuldades no uso dessa armadilha é a obtenção da relação entre o número de adultos capturados e o número de adultos existentes no território ou meio ambiente, limitando a obtenção de um índice que reflita fielmente a situação real de risco para a ocorrência de transmissão de arboviroses. Outro obstáculo é a obtenção de evidências que esses modelos de armadilhas de fato atuem como supressoras das populações de mosquitos (FIOCRUZ, 2022).



Figura 4 – Modelo de armadilha adultrampa.

Fonte: Elaboração dos autores, 2025.

1.2.2 Dengue, Zika Vírus, Febre Chikungunya, Febre-amarela: distribuição e aspectos epidemiológicos

1.2.2.1 Dengue

A dengue está incluída em um grupo de doenças conhecidas como arboviroses, caracterizando-se por serem causadas por vírus transmitidos por vetores artrópodes. No Brasil, *A. aegypti* é o vetor da dengue, sendo a fêmea do mosquito responsável pela transmissão da doença. Os vírus da dengue estão classificados na família Flaviviridae e no gênero *Flavivirus*. Até o momento são conhecidos quatro sorotipos, sendo, DENV-1, DENV-2, DENV-3 e DENV-4, que apresentam distintos materiais genéticos e linhagens (Brasil, 2024a).

O resultado da extensiva incidência da dengue no mundo nos últimos 50 anos, se deve à ampliação da extensão geográfica para novos países, aliados ao intenso deslocamento humano, ao acelerado e contínuo crescimento populacional e urbanização descontrolada (Silva *et al*, 2018). De acordo com Organização Mundial de Saúde (2023), metade da população mundial está em risco de contrair a doença, com estimativa de 100 a 400 milhões de infecções ocorrendo a cada ano.

Atualmente a dengue está distribuída em cerca 100 países localizados próximos aos trópicos, incluindo países da África, Sudeste Asiático, Pacífico e América com clima tropical e

subtropical. No continente americano *A. aegypti* se destaca como um dos vetores mais eficientes na transmissão de arboviroses, e por ser altamente antropofílico prolifera-se em proximidade com o homem geralmente em ambientes fechados e úmidos. No Brasil esse quadro epidemiológico da dengue caracteriza-se pela ampla distribuição do *A. aegypti* em todas as regiões, com uma complexa dinâmica de dispersão do seu vírus e circulação simultânea de seus sorotipos virais (DENV: 1, 2, 3, 4) (Silva *et al*, 2018).

De acordo com a Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS) a primeira epidemia relatada de dengue ocorreu no continente americano no início do século 19 no Peru, espalhando-se em forma de surtos no Caribe, Estados Unidos, Colômbia e Venezuela. No Brasil, os primeiros relatos de dengue datam do final do século 19, em Curitiba (PR), e do início do século 20, em Niterói (RJ) (FIOCRUZ, 2024b).

No começo do século XX, o mosquito se tornou um problema no Brasil, não apenas pela transmissão da dengue na época, mas principalmente pela transmissão da febre amarela. Na década de 50, o país erradicou o *A. aegypti* como resultado de medidas para controle da febre amarela. Porém, ao final da década de 1960, com o afrouxamento das medidas de controle adotadas, ocorreu a reintrodução do mosquito no território nacional e atualmente o vetor é encontrado em todos os Estados brasileiros (FIOCRUZ, 2024b).

Conforme dados do Ministério da Saúde, o primeiro registro clínico e laboratorial do vírus no país, aconteceu em 1981-1982, em Boa Vista (Roraima), causada pelos vírus DENV-1 e DENV-4. Posteriormente em 1986, houve epidemias no Rio de Janeiro e em algumas capitais do Nordeste, e desde então vem ocorrendo epidemias de Dengue no Brasil de forma contínua (FIOCRUZ, 2024a).

No último ano epidemiológico 2023/2024 o Brasil registrou 6.563.561 casos, com 6.321 óbitos confirmados e 341 em investigação, sendo o número 1 de acordo com a Organização Mundial de Saúde no ranking dos países com maiores índices da doença (Agência Brasil, 2024).

No estado do Paraná no ano epidemiológico 2023/2024 foram registrados 624.995 casos confirmados da doença, com 741 óbitos, sendo considerado o ano mais caótico até então. Segundo a Secretaria de Saúde do Estado do Paraná (2024) isso pode ser atribuído, em grande parte, às mudanças climáticas, influenciadas, principalmente, pelo “El Niño”, tendo em vista que as regiões que historicamente apresentavam baixa circulação viral passaram a apresentar um cenário de impacto, e com o aumento da pluviosidade e das temperaturas médias contribuíram significativamente para a proliferação do *A. aegypti*, aumentando a densidade vetorial, refletindo diretamente na transmissão da dengue (Paraná, 2024).

Segundo Silva *et al.* (2018) a perpetuação da dengue no território urbano é resultado de uma associação de fatores climáticos, topográficos e sociais e a atuação da população são determinantes diretos da prevalência da doença nas comunidades humanas. Dentre as variáveis climáticas a temperatura e a umidade relativa do ar influenciam na proliferação de vetores no meio ambiente, principalmente os envolvidos na propagação de doenças como a dengue (Sousa *et al.*, 2018).

No município de Umuarama o aumento da incidência do *A. aegypti* e a prevalência da dengue podem estar relacionadas à crescente expansão urbana do município, associado à forma incorreta no descarte dos resíduos urbanos e de construção civil por parte da própria população, bem como de comportamentos culturais, como manter pratinhos embaixo de plantas, reservar águas das chuvas de forma incorreta, manutenção precária de calhas e lajes, e piscinas com tratamento inadequado entre outros.

De acordo com o Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (2024) o município de Umuarama possui 44.244 domicílios ocupados e destes 42.694 tem o lixo coletado, representando, portanto, 96,49% das residências atendidas pela coleta e destinação adequada dos resíduos, o que não justifica a alta quantidade de lixos (garrafas pets, long neck, copos descartáveis, sacolas plásticas etc.) dispersos pelo ambiente urbano, tornando-os criadouros potenciais do mosquito (IPARDES, 2024).

No ano de 2002, em estudo realizado por Silva; Miranda; Ferreira; Araújo (2003) sobre fatores sociais e ambientais que podem ter contribuído para a proliferação da dengue em Umuarama, ficou caracterizado que a epidemia ocorrida na época ocorreu provavelmente devido à poluição do meio ambiente suburbano, à falta de condições financeiras da população (que interfere na falta de instruções culturais), à falta de melhor qualidade de vida dos moradores dos bairros periféricos e ao desconhecimento da população com relação aos aspectos de educação ambiental que interferem na saúde.

Para o município de Umuarama/PR, um histórico da evolução da doença está apresentado Tabela 1, onde nota-se um aumento tanto no número de notificações, quanto nos casos positivados e óbitos nos últimos 5 anos (destaque em negrito), sendo registrado 5 óbitos para o período epidemiológico 2023/2024, e historicamente o mais calamitoso para a dengue, desde que a doença surgiu no município em meados de 2002 (Santos A. B., 2015).

Tabela 1: Histórico de casos de dengue no município de Umuarama entre os anos de 2014 – 2025.

ANO EPIDEMIOLÓGICO	Nº DE NOTIFICAÇÕES	Nº CASOS POSITIVOS	ÓBITOS
2014/2015	1886	446	1
2015/2016	1089	52	0
2016/2017	313	3	0
2017/2018	142	2	0
2018/2019	1396	404	0
2019/2020	12029	6159	1
2020/2021	1112	143	0
2021/2022	3552	1503	2
2022/2023	3720	583	1
2023/2024	17250	8774	5
2024/2025	594	43	0
2025	2527	587	0

Fonte: Secretaria da Saúde do Estado do Paraná (2026)

O controle de grandes epidemias requer identificação e conhecimento das principais características de cada região do país, necessárias para a elaboração de estratégias de prevenção e diminuição dos seus impactos na saúde pública. A interação entre os setores públicos e o apoio da sociedade civil fortalecem a conscientização e o enfrentamento da dengue. No entanto, a situação epidemiológica da dengue ainda impõe importante demanda aos serviços de saúde, que dependem das características clínicas do paciente, do manejo adequado do agravo e intervenções oportunas, objetivando a redução de possíveis hospitalizações e óbitos (Leandro *et al.*, 2022).

1.2.2.2 Febre Chikungunya

É uma arbovirose cujo agente etiológico é um vírus Alfhavirus da família Togaviridae, sendo originário da Tanzânia e leste da África, teve o primeiro registro no Brasil em 2014, na cidade de Oiapoque, estado do Amapá, e devido as condições climáticas favoráveis aliadas aos deslocamentos de indivíduos ao longo do país, provocou a ocorrência de epidemias (Messias *et*

al, 2018). A transmissão ocorre por meio da picada da fêmea do *A. aegypti* e verticalmente se a mãe estiver em período de viremia no momento do parto (Brasil, 2025c).

Em 2023 houve uma grande dispersão territorial do vírus no Brasil, com destaque para os estados da Região Sudeste, sendo que anteriormente, as maiores incidências de chikungunya relatadas no Brasil, estavam concentradas na região Nordeste. De acordo com o Ministério da Saúde, no Brasil ocorreram 112.483 casos prováveis da doença no primeiro semestre de 2025, com 99 óbitos registrados no período. No estado do Paraná ocorreram 7.384 casos prováveis, com 6 de óbitos notificados. No município de Umuarama foram registrados 2 casos prováveis da doença (Brasil, 2025b).

1.2.2.3 Zika Vírus

O agente etiológico é um Orthoflavivírus, pertencente a família Flaviviridae, com primeiro registro em macacos Rhesus (*Macaca mulatta*), ocorrido na África, em meados da década de 1940. Os primeiros registros no Brasil, ocorreram em cidades nordestinas no ano de 2014 com o evento da Copa do Mundo, supostamente trazidos por turistas estrangeiros. A nível nacional a doença tornou-se alarmante após a confirmação laboratorial, e sua similaridade com a dengue e a chikungunya, dificultando no diagnóstico (Oliveira; Souza, 2023).

Com respeito as formas de transmissão, citam-se a vetorial (pela picada mosquito), a transmissão vertical (parturiente em período de viremia) e a transmissão sexual, sendo que a transmissão transplacentária é considerada preocupante em função de potencial possibilidade de anormalidades estruturais do sistema nervoso central embrionário, o que tem gerado alerta entre as autoridades de saúde pública devido aos casos de microcefalia, síndrome de Guillain Barré, meningite e outras doenças que se manifestam possivelmente após a infecção viral (Oliveira; Souza, 2023).

No Brasil ocorreram 3.767 casos prováveis da doença no primeiro semestre de 2025. As Regiões Centro-Oeste e Nordeste apresentaram os maiores coeficientes de incidência, destacando-se os estados do Mato Grosso, Rio Grande do Norte, Mato Grosso do Sul e Tocantins com 1.700, 669, 347 e 77 casos prováveis respectivamente. No estado do Paraná ocorreram 14 casos prováveis e no município de Umuarama não foram registrados casos prováveis da doença no período mencionado (Brasil, 2025b).

1.2.2.4 Febre amarela

Historicamente presente no Brasil desde o início do século 19, a febre amarela é causada por um vírus do gênero *Flavivirus*, pertencente à família Flaviviridae. Os primeiros relatos da doença ocorreram na capital do império brasileiro com a chegada de um navio negreiro procedente de Nova Orleans, e que após fazer escalas em Havana e Salvador atracou no Rio de Janeiro, em 3 de dezembro de 1849. Apenas 2 meses após esse evento, em fevereiro de 1850 a febre amarela se tornara epidêmica na cidade, se disseminando pelas praias dos Mineiros e do Peixe, Prainha, Saúde e além. Estimativas demonstraram que a doença atingiu 90.658 dos 266 mil habitantes do Rio de Janeiro, causando 4.160 mortes (FIOCRUZ, 2008).

Após este evento foi constituída a Junta de Higiene Pública, que em 1886 transformou-se em Inspetoria Geral de Higiene e Inspetoria Geral de Saúde dos Portos. A febre amarela foi um dos maiores problemas de saúde pública no início do século 19 e mesmo após mais de um século de sua inserção no país o vírus responsável pela doença ainda circula nos seus hospedeiros animais e humanos e bate às portas das grandes e populosas cidades do litoral, onde perpetua a presença do seu vetor, o *A. aegypti* (FIOCRUZ, 2008).

A doença se apresenta por meio de dois ciclos, o urbano e o silvestre. No ciclo urbano a transmissão ao homem ocorre diretamente pelo *A. aegypti* sem necessitar da presença de hospedeiros, perpetuando o ciclo até que se esgotem os suscetíveis ou se realize vacinação em massa da população para bloquear a transmissão (Silva, L. A, 2023).

No ciclo silvestre, a transmissão ocorre por meio de mosquitos de hábitos predominantemente silvestres, sendo os gêneros *Haemagogus* e *Sabethes* os mais importantes. Neste ciclo os primatas não humanos (PNHs) são considerados os principais hospedeiros, amplificadores do vírus, e são vítimas da doença assim como o ser humano, que, nesse ciclo, apresenta-se como hospedeiro acidental (Brasil, 2025d).

No Brasil ocorreram 119 casos da doença com 47 óbitos confirmados no primeiro semestre de 2025, distribuídas nos estados do Pará, Tocantins, Minas Gerais e São Paulo, registrando este último o maior número de casos. Não há registros no estado do Paraná e no município de Umuarama de novos casos da doença no período mencionado (Brasil, 2025e).

1.2.3 Métodos de controle vetorial

Dentre as principais formas de controle do vetor estão as mecânicas, químicas e biológicas. O controle mecânico é realizado por meio das visitas domiciliares, onde os focos são encontrados e eliminados manualmente, ou tratados em loco quando se trata de reservatórios

maiores como tambores, piscinas, cisternas, onde não é possível a eliminação no ato da visita (Oliveira; Souza, 2023).

O controle químico é feito por meio de pulverização espacial ou residual, podendo ser por equipamento costal ou por veículo motorizado com aplicações em ultrabaixo volume (UBV). Os inseticidas usados são classificados em larvicidas, para fases larvárias, ou aduicidas para controlar insetos adultos. A aplicação residual objetiva manter uma superfície coberta com o inseticida, onde após o contato dos insetos adultos com estes locais, se contaminam e morrem. A nebulização espacial ou fumacê libera uma fina névoa de partículas de inseticidas que são distribuídas no ar atingindo e matando os adultos voadores no local da aplicação (Brasil, 2025a).

O controle biológico é realizado por meio de parasitas, patógenos, predadores naturais e moléculas biológicas para controlar a populações do vetor, como o *Bacillus thuringiensis israelensis* (BTI), espinosina ou peixes predadores de larvas do mosquito como os peixes da espécie *Gambusia affinis* (Brasil, 2025a).

1.2.4 Plantas Medicinais e os Fitoterápicos

De acordo com a Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiros (2023), plantas medicinais são vegetais que contém substâncias precursoras de fármacos que podem ser usados para fins terapêuticos, como na produção de remédios. Segundo o Ministério da Saúde são plantas que contém substâncias com propriedades medicinais em suas partes (como folhas, flores, raízes, cascas), podendo ter efeitos terapêuticos no organismo humano e são utilizadas para tratamento ou alívio de doenças, sintomas ou condições de saúde (Brasil, 2024b).

Já um fitoterápico segundo a ANVISA (2004) é um medicamento obtido exclusivamente por meio de matérias-primas ativas vegetais, sendo conhecidas sua eficácia e os riscos de seu uso, bem como sua reprodução e constância de sua qualidade. Sua eficácia e segurança é validada por meio de levantamentos etnofarmacológicos de utilização, documentações tecnocientíficas em publicações ou ensaios clínicos.

No Brasil, no período de domínio português, utilizava-se o código farmacêutico oficial a Farmacopeia Geral do Reino e Domínios, publicada em 1794, e reimpressa em 1824. Em 1837 o Codex Medicamentarius francês também passou a ser aceito no Brasil. Em 29 de setembro de 1851, o Decreto 828 estabeleceu o Codex Medicamentarius francês como compêndio oficial do Brasil, além do reconhecimento da Farmacopeia Portuguesa. Em 19 de janeiro de 1882, o Decreto 8.387, e em 31 de dezembro de 1923, o Decreto 16.300 reafirmaram a primazia e oficialidade da Farmacopeia Francesa (ANVISA, 2019, p. 8).

A 1ª edição da Farmacopeia Brasileira foi aprovada em 04 de novembro de 1926, pelo Decreto 17.509.[...]. A 2ª edição da Farmacopeia Brasileira foi aprovada em 1955 (Decreto 37.843, de 01 de setembro), e contou com atualizações e modificações em 1959 (Decreto 45.502, de 27 de fevereiro), havendo neste momento a separação das formulações medicamentosas da Farmacopeia, surgindo o Formulário Nacional. A 3ª edição da Farmacopeia Brasileira foi aprovada em 1976 (Decreto 78.840, de 25 de novembro). A 4ª edição da Farmacopeia Brasileira foi aprovada em 1988 (Decreto 96.607, de 30 de agosto).[...]. A 5ª edição da Farmacopeia Brasileira foi aprovada em 2010 (Resolução da Diretoria Colegiada – RDC 49, de 23 de novembro).[...]. A 6ª edição foi aprovada pela Resolução de Diretoria Colegiada - RDC nº 298, de 12 de agosto de 2019 (ANVISA, 2019, p. 8).

A transformação de uma planta medicinal em um medicamento fitoterápico necessita satisfazer às normas estabelecidas para assegurar a preservação da integridade química e farmacológica da planta, para que sua ação biológica seja constante e a segurança de uso seja garantida, pois existem algumas dificuldades correspondentes a elaboração desses medicamentos, devido à sua própria origem, e à complexidade dos constituintes da matéria-prima vegetal e a variabilidade na qualidade dos produtos obtidos a partir das mesmas espécies de plantas, estando essas características relacionadas aos fatores e condições do local de cultivo, ao procedimento de coleta, manuseio e processamento da matéria-prima vegetal, necessitando de uma padronização para garantir eficácia, segurança e qualidade (Santos *et al.*, 2021).

A política de plantas medicinais e fitoterápicos no Brasil remonta de 1981 por meio da Portaria nº 212, de 11 de setembro, do Ministério da Saúde que, em seu item 2.4.3, define o estudo das plantas medicinais como uma das prioridades de investigação clínica e, 1982, o Ministério da Saúde (PPPM/Ceme) lançou o **Programa de Pesquisa de Plantas Medicinais da Central de Medicamentos** para obter o desenvolvimento de uma terapêutica alternativa e complementar, com embasamento científico, pelo estabelecimento de medicamentos fitoterápicos, com base no real valor farmacológico de preparações de uso popular, à base de plantas medicinais (ANVISA, 2011).

Em 2006 por meio do Decreto Nº 5.813, foi criada no Brasil a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos - PNPMF que “constitui parte essencial das políticas públicas de saúde, meio ambiente, desenvolvimento econômico e social para alcançar a implementação de ações capazes de promover melhorias na qualidade de vida da população brasileira”, tendo como objetivo assegurar à população brasileira o acesso seguro e o uso racional de plantas medicinais e fitoterápicos, promovendo o uso sustentável da biodiversidade, o desenvolvimento da cadeia produtiva e da indústria nacional (Brasil, 2006).

Em 2012 uma lista com 12 plantas medicinais foi inserida na Relação Nacional de Medicamentos Essenciais - RENAME, ampliando as opções terapêuticas e melhorando a atenção à saúde dos usuários do SUS (Brasil, 2024b):

- 1 Alcachofra (*Cynara scolymus* L.);
- 2 Aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi);
- 3 Babosa (*Aloe vera* (L.) Burm. f.);
- 4 Cáscara-sagrada (*Rhamnus purshiana*);
- 5 Espinheira-santa (*Maytenus ilicifolia* Mart ex Reissek);
- 6 Guaco (*Mikania glomerata* Spreng.);
- 7 Garra-do-diabo (*Harpagophytum procumbens* (Burch.) DC ex Meisn);
- 8 Hortelã (*Mentha x piperita* L.);
- 9 Isoflavona de soja (*Glycine max* (L.) Merr.);
- 10 Plantago (*Plantago ovata* Forssk.);
- 11 Salgueiro (*Salix alba* L.);
- 12 Unha-de-gato (*Uncaria tomentosa* (Willd. ex Schult.) DC.

Um histórico da evolução das políticas nacionais de implementação e uso das plantas medicinais no Brasil é apresentado no Quadro 1.

Quadro 1: Histórico da evolução das políticas públicas sobre plantas medicinais no Brasil

Ano	Políticas / Legislações
1978	Conferência de alma Ata - Conferência Internacional sobre cuidados primários à saúde

	realizada pela OMS.
1981	Portaria n.º 212, de 11 de setembro, do Ministério da Saúde que, em seu item 2.4.3, define o estudo das plantas medicinais como uma das prioridades de investigação clínica.
1982	Criação do Programa de Pesquisa de Plantas Medicinais - PPPM objetivando desenvolver terapia alternativa e complementar, com pesquisas que confirmem as propriedades terapêuticas de plantas brasileiras potencialmente medicinais.
1997	Decreto nº 2.283, de 24 de julho de 1997 extingue a Central de Medicamentos - CEME e põe fim ao PPPM.
1998	Portaria nº 3.916, de 30 de outubro de 1998 cria a Política Nacional de Medicamentos.
2004	Resolução nº 338 de 06 de maio de 2004 cria a Política Nacional de Assistência Farmacêutica.
2006	Portaria GM/MS nº 971, de 3 de maio de 2006, cria a Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares (PNPIC) / Decreto Nº 5.813, de 22 de junho de 2006 cria a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos (PNPMF).
2008	Portaria Interministerial nº 2.960 de 9 de dezembro de 2008 - Criação do Comitê Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos / Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos
2009	Publicação da Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao Sistema Único de Saúde - ReniSUS: 71 espécies são listadas com potencial terapêutico, com o objetivo de orientar a cadeia produtiva e o desenvolvimento de pesquisas / Financiamento de oito Fitoterápicos no SUS
2010	Portaria nº 886/2010 instituiu as Farmácias Vivas no SUS
2012	Ação 20K5 "Apoio ao uso de Plantas Medicinais e Fitoterápicos no SUS PPA 2011-2015" / Publicação de 12 Plantas Fitoterápicas no Renome
2012	Publicação de 12 Plantas Fitoterápicas no Relação Nacional de Medicamentos Essenciais - RENAME
2013	RDC nº 18/2013 "Boas Práticas em Farmácias Vivas"
2014	RDC nº 26/2014 "Registro de Medicamento Fitoterápico e Produto Tradicional Fitoterápico" IN nº 02/2014 "Guia de RDC nº 26/2014"
2016	Momento Fitoterápico - Documento publicado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, com orientações para prescrição de fitoterápicos.

Fonte: Brasil (2022a)

De acordo com o Ministério da Saúde, projetos de estudos orientados de revisão, análise, sistematização de informações científicas e publicações na área de medicamentos e insumos estratégicos para o SUS estão sendo desenvolvidos em etapas, conforme os recursos disponíveis, envolvendo grupos de colaboradores constituídos por pesquisadores, pós-graduandos e

graduandos, com expertise na área de plantas medicinais, de Instituições de Ensino das diversas regiões do país (Brasil, 2022b).

Para o ano de 2024 o Ministério da Saúde anunciou investimentos de R\$ 30 milhões em ações diversas em plantas medicinais e fitoterápicos no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS), ajudando os gestores municipais a desenvolverem iniciativas e projetos locais que promovam práticas populares, como o plantio de plantas medicinais, aquisição e manipulação de fitoterápicos, capacitação de profissionais, iniciativas de pesquisa e parcerias com instituições de ensino, com o objetivo de garantir que os usuários do SUS tenham acesso ampliado a plantas medicinais, fitoterápicos e serviços relacionados à fitoterapia com qualidade, segurança e eficácia (Brasil, 2024e).

Para receberem o valor os municípios necessitam enviar dados de ao menos um registro de movimentação de fitoterápicos por meio da Base Nacional de Dados de Ações e Serviços da Assistência Farmacêutica no SUS (BNAFAR). Para garantir o recebimento dos recursos, o município precisa comprovar que o acesso ao fitoterápico ocorreu dentro de um intervalo de 24 meses anteriores à data de coleta dos dados (Brasil, 2024e).

Essa política incentiva a adoção e o monitoramento regular do uso de plantas medicinais e fitoterápicos nas redes de saúde pública, estimulando os gestores locais a fortalecerem seus programas de assistência farmacêutica com base em produtos naturais e a ampliar o acesso da população a esses medicamentos. Ao reconhecer esses saberes, o Governo Federal busca integrar a fitoterapia de forma mais ampla na atenção básica de saúde, promovendo opções de tratamento que respeitam as tradições culturais e que podem ser mais acessíveis em certas regiões (Brasil, 2024e).

Conforme exposto pelo Ministério da Saúde esta proposta pretende alcançar 1.841 municípios com a medida ainda neste ano e todas as cidades brasileiras até 2027. Em 2024, o Ministério da Saúde já habilitou seis novas secretarias de saúde com o investimento de R\$ 5,5 milhões, exclusivamente para o modelo farmácia viva. Ao todo serão investidos neste ano R\$ 44 milhões. Em 2023, o Ministério da Saúde investiu, em ações com plantas medicinais e fitoterápicos, um total de R\$ 8,5 milhões (Brasil, 2024e).

Nesse cenário, produtos de origem vegetal, especialmente óleos essenciais e seus metabólitos secundários, vêm sendo amplamente investigados por apresentarem atividades larvicida, repelente e inseticida, configurando-se como alternativas promissoras ao uso intensivo de inseticidas sintéticos (Isman, 2020; Pavela; Benelli, 2016). Assim, as políticas nacionais de incentivo ao uso sustentável da biodiversidade e ao desenvolvimento de fitoterápicos fortalecem não apenas a assistência farmacêutica, mas também a pesquisa e a

inovação em estratégias integradas de vigilância e controle de vetores de importância em saúde pública (Brasil, 2006).

1.2.5 Citronela: características botânicas e agronômicas

A citronela é uma gramínea originária de regiões tropicais e subtropicais da Ásia, África e América, pertencendo, portanto, a família botânica Poaceae, no qual dois gêneros possuem maior importância econômica, o *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle e o *Cymbopogon winterianus*. Os dois quimiotipos possuem compostos comercialmente importantes, como citronelal, geraniol e citronelol, com superioridade a Citronela-de-java que possui 85% desses compostos em relação a Citronela do Ceilão com 55-65% (Benegra, 2022).

O gênero *Cymbopogon* inclui aproximadamente 30 espécies de poáceas perenes e aromáticas, sendo a maioria dessas nativas das regiões tropicais da Ásia e África (Ribeiro, 2021). São plantas conhecidas principalmente por seus efeitos repelentes, contra moscas e mosquitos, fungicidas, antibacterianos, antiparasitários e nematicidas, mas que contém também propriedades terapêuticas como analgésicos, anticonvulsivantes, ansiolíticos, antipiréticos (Sharma *et al.*, 2019).

Podendo atingir entre 1,0 - 1,2 metros de comprimento, possui colmos eretos, lisos e semi-lenhosos, com folhas planas e longas de bordas cortantes e coloração verde-clara distribuídas em estacas de entrenós longos. O caule é rizomatoso e curto, semi-subterrâneo, nodoso, com inúmeras raízes fortes, fibrosas e longas. As flores ou florestas reúnem-se em inflorescências tipo panícula, com racemos curtos e geminados, protegidas por um único par de brácteas secas e paleáceas. O florescimento da citronela ocorre na primavera e no início do verão, porém não produz sementes viáveis (Ucker, 2013).

Como está adaptado ao clima tropical e subtropical, é uma cultura exigente em luz e calor, não suportando temperaturas muito baixas, nem geada, sendo exigente em água durante o seu período de crescimento. No período de colheita excessos de chuvas podem abaixar o teor de óleo essencial. Tem preferência por solos areno-argilosos e francos, permeáveis e férteis, preferindo solos altos (compreendem os Latossolos, Argissolos, Nitossolos e Chernossolos, argilosos ou muito argilosos, com boa capacidade de retenção de água), secos e sem umidade excessiva (Ucker, 2013).

O cultivo de citronela ocorre por separação da touceira e replantada através de perfilhos, retirados em grupos de três, uma vez ao ano para formação de novos plantios, possibilitando até 4 cortes por ano em plantios com finalidades industriais de extração de óleo essencial das folhas. Dentre os fatores que interferem no cultivo da planta, destacam-se o espaçamento, a

época e altura de corte. O espaçamento exerce forte influência no crescimento e no rendimento final do cultivo, o qual depende da produtividade individual de cada planta e da população de plantas por unidade de área (Marco *et al.*, 2006).

Conforme Marco *et al.* (2006) a colheita dessa espécie de planta possui certas especificidades que as diferenciam de outras culturas, uma vez que objetiva conciliar a máxima produção de biomassa com os maiores teores de princípios ativos, o que depende diretamente da determinação ideal de corte, podendo ter um maior incremento de biomassa com maior percentagem de folhas jovens, sendo estes importantes por serem mais ativas metabolicamente e com maior quantidade de metabólitos secundários. Os autores ao realizarem um estudo com a citronela verificou que o corte das plantas aos 6 e 8 meses após o plantio proporcionaram maior rendimento de matéria seca, com o espaçamento 0,5 x 0,5 m obtendo maior rendimento de óleo essencial.

1.2.6 Óleo da Citronela: características químicas e moléculas bioativas

O uso do óleo essencial da citronela iniciou-se no século XIX, por volta de 1858, na perfumaria e como ingrediente de repelentes de insetos. No início do século XX, a citronela foi utilizada pelo exército indiano para repelir mosquitos e em 1948 foi registrada para uso comercial nos EUA. Atualmente é uma das plantas mais requisitadas para produção de repelentes naturais no mercado, em concentrações variando entre 5 e 10% (Freire, 2017).

Os óleos essenciais podem ter em sua composição química entre 20 a 60 moléculas distintas com concentrações variadas, geralmente possuindo 2 a 3 compostos bioativos majoritários, variando entre 20 a 70 %, que se dividem em dois grupos, o grupo predominante é formado por terpenos e terpenóides e o outro grupo é formado por aromáticos (fenilpropanóides) e constituintes alifáticos, com baixo peso molecular (Benegra, 2022). De acordo com Higuchi (2022) os óleos essenciais em geral demonstram excelente atividade de repelência contra insetos e são considerados metabólitos secundários de espécies vegetais classificados como monoterpenos, sesquiterpenos e fenóis.

O termo metabólito secundário foi criado após estudos realizados por Kossel em 1891, que os diferenciou dos metabólitos primários pela rota biossintética em que são produzidos, recebendo a denominação de compostos fenólicos, terpenóides e alcalóides. Estes produtos secundários, embora não sejam necessariamente essenciais para o organismo produtor, propiciam vantagens para a sobrevivência e perpetuação da espécie em seu ecossistema e são comumente liberadas no ambiente na fase aquosa no solo, no substrato pela lixiviação das partes

aéreas das plantas, pela decomposição da serrapilheira acumulada no solo, pela exsudação de raízes e na fase gasosa, como voláteis que se dispersam na atmosfera (Pawlowski, 2021).

Os sesquiterpenos e os monoterpenos resultam de cadeias ligadas de isopreno (C_5H_8) e são classificadas em função do seu tamanho. Diversos óleos essenciais possuem em sua composição os monoterpenos, sendo considerados o grupo mais importante em termos de repelência, assim como os sesquiterpenos. Já o grupo dos fenóis pertencem a uma classe de compostos químicos no qual a estrutura química contém um grupo hidroxila (OH^-) ligado a um grupo hidrocarboneto aromático. Os flavonoides são um grupo importante que desempenham ações inseticida e repelente (Higuchi, 2022).

Para Hernandez-Lambrano *et al.* (2015), em se tratando de manejo integrado de pragas (MIP) e proteção ambiental, os metabólitos secundários de plantas com características inseticidas e repelentes são desejáveis como alternativa na proteção de plantas, porque em geral são considerados não tóxicos para os vertebrados, atuando como pesticidas de amplo espectro, devido ao seu modo de ação diversificado.

Lopes *et al.* (2017) afirma que nas últimas décadas, o controle de fitopatógenos com uso intensivo de químicos vem causando inúmeros problemas como: resistência microbiana adquirida, contaminação ambiental (água, solo, produtor e consumidor) e custos de produção elevados, necessitando cada vez mais de estudos de controle alternativo com plantas medicinais, a exemplo da citronela, que vem crescendo atualmente em função de não apresentarem risco ambiental, serem geralmente inócuas aos animais e seres humanos, bem como apresentam menor custo.

Do ponto de vista agroecológico os óleos essenciais, que são produtos do metabolismo secundário vegetal, são um misto complexo de substâncias voláteis que vêm sendo testadas como novas oportunidades para o controle de plantas espontâneas. Estudos com o óleo da citronela demonstraram efeito alelopático sobre a alface (*Lactuca sativa* L.), e do capim-annoni (*Eragrostis plana* Ness), revelando um potencial fitotóxico sobre espécies cultivadas e espécies consideradas indesejadas na agricultura (Pawlowski, 2021).

Pesquisas realizadas com o óleo essencial de citronela (*Cymbopogon spp*) extraído das folhas frescas ou parcialmente dessecadas, demonstraram ação inseticida (Hernandez-Lambrano *et al.*, 2015). Dentre suas propriedades, possui ação fungicida e bactericida, além de ser utilizado na forma de chá como calmante e digestivo, bem como utilizado para a síntese de vitamina A e na fabricação de perfumes e cosméticos (Lacerda *et al.*, 2020).

Na indústria em geral, o óleo da citronela é classificado em dois quimiotipos, o óleo de Citronela-de-ceilão (*C. nardus*) e o óleo de Citronela-de-java (*C. winterianus*). O quimiotipo

do Ceilão consiste em geraniol (18 a 20%), limoneno (9 a 11%), metil isoeugenol (7 a 11%), citronelol (6 a 8%) e citronelal (5 a 15%). O quimiotipo Java consiste em citronelal (32 a 45%), geraniol (11 a 13%), acetato de geranila (3 a 8%) e limoneno (1 a 4%), citronelol (7.4 a 14%) (Higuchi, 2022).

Estudos realizados por Pinheiro *et al.* (2013, *apud* Freire, 2017), utilizando o óleo da citronela como inseticida sobre *Frankliniella schultzei* (Trybom, 1910) (Tripes) e *Mysus persicae* (Sulzer, 1776) (Pulgão-verde), foram encontrados teores dos bioativos geraniol (28,62%), citronelal (23,62%) e citronelol (17,10%), após obtenção do óleo por hidrodestilação e identificação dos compostos por cromatografia gasosa, sendo estes os compostos majoritários da análise. As características gerais dos bioativos citronelal, citronelol e geraniol presentes no óleo da citronela e suas estruturas moleculares podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2: Características gerais dos bioativos citronelal, citronelol e geraniol presentes no óleo da citronela e suas estruturas moleculares.

Bioativo	Fórmula estrutural	Peso molecular (g. mol ⁻¹)	d (g. cm ⁻³)	Pv (mmHg)	P.F. e P.E. (°C)
Citronelal	C ₁₀ H ₁₈ O	154,24	0,855	2,5 x 10 ⁻¹	< -16 e 207
Citronelol	C ₁₀ H ₂₀ O	156,26	0,855	2,0 x 10 ⁻²	< -20 e < 225
Geraniol	C ₁₀ H ₁₈ O	154,25	0,890	3,0 x 10 ⁻²	< -15 e 229

Legenda: Pv (Pressão de vapor); P.F (Ponto de fusão); P.E. (Ponto de ebulição); d (densidade)

Fonte: Higuchi (2022, p.21)

Na Figura 5 abaixo está apresentada a fórmula estrutural dos respectivos bioativos.

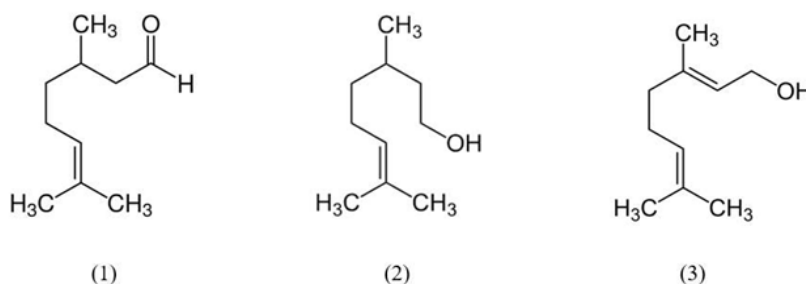


Figura 5: Fórmula estrutural dos bioativos (1) Citronelal, (2) Citronelol e (3) Geraniol.

Fonte: Higuchi (2022, p.21).

1.2.7 Métodos de extração de óleos essenciais

São várias as metodologias utilizadas para extrair os óleos essenciais das diversas partes das plantas como: flores, folhas, caules, cascas, raízes, rizomas, frutos ou sementes. As técnicas mais utilizadas são: destilação por arraste a vapor, hidrodestilação, extração por solventes

orgânicos ou gorduras, extração por alta pressão, extração por CO₂ supercrítico, prensagem a frio e enfleurage (Maldonado, 2022).

A extração por solvente possui algumas contraindicações para óleos que serão empregados em bicomponentes, pois podem resultar em resíduos deletérios. A extração por fluido supercrítico embora seja uma técnica eficiente com alto rendimento, apresenta um alto custo, em relação às demais metodologias, tornando o processo oneroso. A enfleurage é uma técnica usada para extração de óleos essenciais de flores. A prensagem a frio é indicada para cascas de frutas. Dentre todas as metodologias expostas até o presente momento, as que são comumente utilizadas para extração do óleo da citronela são a extração por destilação a vapor e a hidrodestilação por não usarem compostos químicos e não serem técnicas complexas (Benegra, 2022).

A técnica da hidrodestilação consiste na extração dos óleos essenciais pela submersão total da matéria prima vegetal na água em ebulição, provocando a abertura das paredes celulares da planta (Figura 6). O vapor proveniente dessa mistura passa por um condensador onde ocorre o resfriamento desse material. Como a densidade do óleo é menor que a da água, eles formam duas fases líquidas e se separam (Maldonado, 2022).

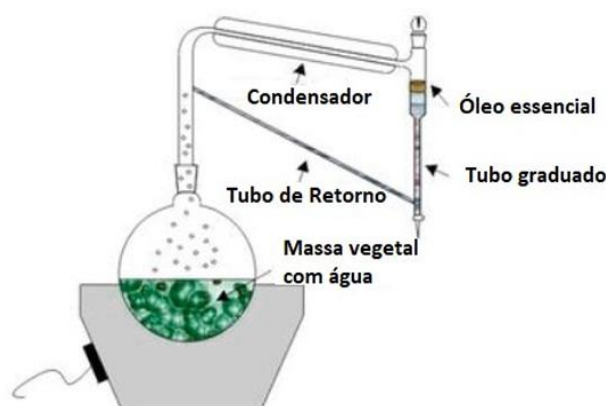


Figura 6: Ilustração da técnica da hidrodestilação.

Fonte: (Benegra, 2022, p.26)

No método de destilação por arraste a vapor, a água fica em um compartimento separado da planta, e à medida que a água aquece, o vapor passa para o extrator, onde o material vegetal está armazenado moído ou triturado, e por consequência da temperatura alta rompem-se suas micromoléculas aromáticas voláteis, sendo arrastadas pelo vapor de água por um tubo (condensador) que é resfriado, resultando em óleos essenciais, como exposto na Figura 7 (Marcolina, 2021).

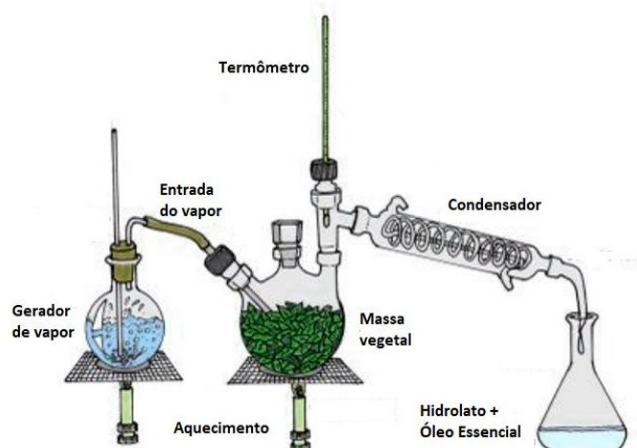


Figura 7: Ilustração da técnica de destilação por arraste a vapor.

Fonte: (Benegra, 2022, p.26)

1.2.8 Uso do óleo essencial da citronela no combate ao *Aedes aegypti*

Os inseticidas empregados para o controle da dengue têm exibido efeitos indesejáveis por permanecer por longos períodos de tempo no meio ambiente, prejudicando os ecossistemas e a sua utilização indiscriminada tem favorecido a emergência e perpetuação de populações de *A. aegypti* resistentes aos ingredientes ativos destes produtos (Velo, 2015).

As táticas atualmente utilizadas no controle de vetores baseiam-se no emprego de inseticidas sintéticos, tais como o diclorodifeniltricloroetano (DDT), temefós, piretroides e malathion e apesar do relativo sucesso obtido com o uso desses agentes químicos no controle de mosquitos durante muitas décadas, a sua utilização contínua e indiscriminada tem acarretado o desenvolvimento de resistência química, impactos ambientais e efeitos indesejáveis em organismos não-alvo, incluindo humanos. Diante dessas circunstâncias, a busca por produtos naturais derivados de plantas para o controle de mosquitos vetores apresenta várias características atrativas, incluindo biodegradabilidade, ação e degradação rápidas, baixa toxicidade, baixa fitotoxicidade e maior seletividade (Santos *et al.*, 2021).

Carneiro (2015) ao avaliar o potencial repelente do óleo de citronela (*C. winterianus*) obtido por arraste de vapor de água, na composição de uma loção cremosa a 5% (base lanette), obteve resultados de até 90,47% de índices de repelência em armadilhas de garrafa pets untados com a loção. O interior das armadilhas continha 200ml de água, 50 g de açúcar mascavo e 1 grama de leveduras (fermento de pão), que ao fermentarem simularam o CO₂ exalados pelos poros e exalação humanos, servindo como atrativos aos insetos. Os resultados deste trabalho demonstraram claramente o nítido potencial do óleo da citronela como repelente de mosquitos.

Desta forma, a busca alternativa ao uso dos inseticidas deve ser a pesquisa e a descoberta de compostos de origem vegetal com potencial de uso no controle desse vetor. Neste sentido os estudos desenvolvidos por Veloso *et al* (2015) demonstraram efeitos positivos larvicidas do óleo essencial de citronela (*C. nardus*) sobre larvas de quarto instar do *A. aegypti*, nas concentrações de 2,5µL (microlitro), 5,0 µL, 7,5 µL e 10,0 µL do óleo essencial, onde os melhores resultados foram obtidos para a última concentração que causou a morte de 100% das larvas após 3 horas do contato com a solução contendo o óleo essencial.

Santos *et al.* (2022) ao realizar uma revisão bibliográfica na base de dados Pubmed, Science Direct, LILACS, Scielo e Google Scholar usando as seguintes palavras-chaves óleo essencial, *A. aegypti* e repelentes, encontrou os seguintes resultados: a maioria das plantas estudadas pertence a Lamiaceae (45,4%), seguida por Myrtaceae (38,3%) e Rutaceae (28,4%). Os metabólitos encontrados na pesquisa com atividades repelentes / larvicidas foram β-cariofileno, α-pineno, 1,8-cineol, linalol e eugenol, nas concentrações letais que variaram de 40 a 120 ppm, reforçando a visão de que os óleos essenciais são promissores na formulação de repelentes, larvicidas, inseticidas e pesticidas.

Em publicação realizada pelo Instituto Butantan (2024), o órgão reforça que os inseticidas feitos com citronela, andiroba, óleo de cravo, entre outros, não possuem estudos de comprovação de eficácia, sendo que velas, aromatizantes de ambientes e incensos não são aprovados pela ANVISA, pois o único inseticida a base de plantas aprovado é o óleo de neem (*Azadirachta indica*) por possuir o princípio inseticida azadiractina. Os repelentes indicados pela agência reguladora são aqueles que possuem uma das três substâncias abaixo:

- DEET (N,N-dietil-meta-toluamida) – não aprovado para crianças menores de 2 anos. Entre os 2 e 7 anos, é permitido desde que a concentração seja menor que 10%, com duas aplicações diárias. A partir dos 7 anos, pode ser aplicado três vezes ao dia. Duração de 4 a 6 horas.
- Icaridina – uso permitido em crianças a partir de 2 anos, em concentração de 25%, com duas aplicações diárias. Duração de 8 a 10 horas.
- IR 3535 (Ethyl Butylacetylaminopropionate) – permitido para crianças a partir de 6 meses na concentração de 30%. Até os 2 anos, aplicar uma vez ao dia; entre 2 e 7 anos, duas vezes; e acima de 7 anos, até três vezes por dia. Duração de até 4 horas.

Um exemplo da utilização do óleo de neem vem ocorreu no município de Piracicaba/SP que deu início a um projeto-piloto com o objetivo de minimizar o aumento dos casos de dengue na cidade. O projeto consistiu na aplicação, por meio de nebulização, de produto à base de óleo de neem, inseticida natural com vários fins, entre eles o combate ao mosquito *A. aegypti*. De

acordo com o publicado pelo município, os testes com o produto foram realizados no bairro Boa Esperança no mês de abril de 2024. Segundo informações do fornecedor do produto, a ação do óleo de neen é comprovada em todo o ciclo de vida do mosquito *Aedes*. Funciona como repelente, bloqueia a muda de larvas ou ninfas, impede a comunicação sexual e o acasalamento, impede que as fêmeas depositem os ovos e esteriliza insetos adultos, entre outras vantagens. No entanto, não foram encontradas novas publicações com os resultados dos estudos que demonstraram a eficácia do produto (Piracicaba, 2024).

Em contraste com o que foi explicitado pela ANVISA há uma diversidade de estudo realizados por renomadas Universidades indicando que o óleo essencial da citronela possibilita aplicações que vão desde o uso cosmético, repelentes contra insetos, bioinseticidas e biobactericidas, servindo como uma alternativa sustentável para a promoção da saúde pública, uma vez que não oferece riscos ao meio ambiente e as formas de vida que dele fazem parte, ou seja, a flora e a fauna silvestre, tornando os bioativos majoritários (citronelal, citrionelol e geraniol) próprios para elaboração de produtos que venham a repelir e controlar vetores de importância médica, destacando-se o mosquito transmissor da dengue (Santos *et al*, 2022; Veloso *et al*, 2015; Carneiro, 2015).

Com o crescente avanço da Dengue no município de Umuarama, a realização de uma pesquisa voltada para a utilização da Citronela no controle de larvas do *A. aegypti* é necessária para a comprovação da eficácia do óleo essencial da planta como um propenso candidato a bioinseticida. De acordo com FIOCRUZ (2021) recorrer somente aos inseticidas sintéticos para o controle de vetores, revelou-se insustentável em decorrências das seleções de espécimes resistentes, dificultando as ações públicas para a redução desses agentes transportadores de arboviroses.

1.2.9 Considerações finais

A crescente incidência de arboviroses transmitidas pelo mosquito *Aedes aegypti* constitui um importante desafio para a saúde pública, especialmente em regiões tropicais como o Brasil. A disseminação dessas doenças está relacionada a um conjunto de fatores ambientais, sociais e urbanos que favorecem a proliferação do vetor em ambientes urbanos. O aumento expressivo de casos de dengue e outras arboviroses nos últimos anos, inclusive no município de Umuarama,

evidencia limitações nas estratégias tradicionais de controle e reforça a necessidade de abordagens mais integradas e eficazes.

Nesse contexto, torna-se fundamental investir em estratégias sustentáveis que integrem vigilância epidemiológica, educação em saúde e inovação científica no desenvolvimento de novos métodos de controle vetorial. O uso contínuo de inseticidas sintéticos tem enfrentado desafios relacionados ao surgimento de populações resistentes e aos potenciais impactos ambientais, o que intensifica a busca por alternativas mais seguras e ambientalmente adequadas.

Entre essas alternativas, destacam-se os produtos naturais derivados de plantas medicinais, como o óleo essencial de espécies do gênero *Cymbopogon*. Compostos presentes nesse óleo apresentam propriedades repelentes, larvicidas e inseticidas, podendo interferir no comportamento e no ciclo biológico do vetor. Assim, a ampliação de estudos experimentais e avaliações de campo é essencial para consolidar o potencial desses compostos como ferramentas complementares no manejo sustentável de vetores e no controle das arboviroses.

1.3 Referências

- ANJOS, C. A. *et al.* Atividade larvicida contra *Aedes aegypti* e toxicidade preliminar contra *Artemia salina* L. de extratos e frações de *Monteverdia evonymoides* (Reissek) Biral. **Arquivo de Ciências da Saúde da Unipar**, v. 27, n. 9, p. 4962-4974, Maio. 2023. Disponível em: <https://revistas.unipar.br/index.php/saude/article/view/10562/5090>. Acesso em: 18 abr. 2025.
- BENEGRA, Marjorie. **Encapsulação de óleo essencial de Citronela (*Cymbopogon winterianus*)**. 2022. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Tecnológica

Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2022. Disponível em: repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/29032/1/encapsulacaooleoessencialcitronela.pdf. Acesso em: 8 out. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Farmacopéia Brasileira**. 6. ed. Brasília, DF: ANVISA, 2019, 126p. Disponível em: www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/farmacopeia/farmacopeia-brasileira/volume-1-fb6-1-err-rdc-609-2-err-rdc-832-ate-rdc-844-p-pdf-c-capla.pdf/@download/file. Acesso em: 6 out. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Formulário de Fitoterápicos da Farmacopéia Brasileira**. Brasília, DF: ANVISA, 2011, 126p. Disponível em: www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/farmacopeia/formulario-fitoterapico/arquivos8080jsonfile-1#:~:text=No%20Brasil%2C%20a%20política%20de%20plantas%20medicinais%20e%20uso%20popular%2C%20à%20base%20de%20plantas%20medicinais. Acesso em: 2 out. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Aedes aegypti: Prevenção e controle da Dengue, Chikungunya e Zica**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2024a. Disponível em: www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/a/aedes-aegypti. Acesso em: 8 ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) nº 48, de 16 de março de 2004**. Dispõe sobre o Registro de Fitoterápicos. Brasília, DF: ANVISA, 2004. Disponível em: bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2004/rdc0048_16_03_2004.html#:~:text=Resolução%20RDC%20nº%2048,%20de%2016%20de%20março%20de%202004. Acesso em: 6 out. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Plantas Medicinais e Fitoterápicos**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2024b. Disponível em: www.gov.br/saude/pt-br/composicao/sectics/plantas-medicinais-e-fitoterapicos#:~:text=Planta%20Medicinal%3A%20uma%20planta%20que%20contém%20substâncias%20com,alívio%20de%20doenças%2C%20sintomas%20ou%20condições%20de%20saúde. Acesso em: 28 set. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos em Saúde. Departamento de Assistência Farmacêutica e Insumos Estratégicos. **Política nacional de plantas medicinais e fitoterápicos**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2006, p. 60. Disponível em: bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/politica_nacional_fitoterapicos.pdf. Acesso em: 2 out. 2024.

- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos em Saúde. Departamento de Assistência Farmacêutica e Insumos Estratégicos. **Catálogo da Exposição Comemorativa dos 15 anos da Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2022a, p.38. Disponível em: bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/exposicao_comemorativa_15_anos_politica_plantas_medicinais.pdf. Acesso em: 4 out. 2024.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos em Saúde. Departamento de Assistência Farmacêutica e Insumos Estratégicos. **Plantas Medicinais de Interesse ao SUS – Renisus**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/sectics/plantas-medicinais-e-fitoterapicos/ppnpmf/renisus>. Acesso em: 4 out. 2024.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Diretrizes nacionais para prevenção e controle de epidemias de dengue**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2009. Disponível em: bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_nacionais_prevencao_controle_dengue.pdf. Acesso em: 25 set. 2024.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Conheça mais sobre o ReniSUS**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2024c. Disponível em: www.gov.br/saude/pt-br/composicao/sectics/plantas-medicinais-e-fitoterapicos/plantas-medicinais-e-fitoterapicos-no-sus/conheca-mais-sobre-o-renisus. Acesso em: 4 out. 2024.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Informe Semanal Arboviroses: 04/2024; 08/2024**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2024d. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/a/arboviroses/informe-semanal>. Acesso em: 26 set. 2024.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Saúde investe R\$ 30 milhões para expandir acesso às plantas medicinais e fitoterápicos como opção terapêutica no SUS**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2024e. Disponível em: www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2024/setembro/saude-investe-r-30-milhoes-para-expandir-acesso-a-plan-tas-medicinais-e-fitoterapicos-como-opcao-te-rapautica-no-sus. Acesso em: 4 out. 2024.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigilância e controle do vetor**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2025a. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/a/aedes-aegypti/vigilancia-entomologica>. Acesso em: 10 jul. 2025
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Atualização de casos de arboviroses**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2025b. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/a/aedes-aegypti/monitoramento-das-arboviroses>. Acesso em: 11 jul. 2025

- BRASIL. Ministério da Saúde. **Chikungunya**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2025c. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/c/chikungunya>. Acesso em: 14 jul. 2025
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Febre amarela**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2025d. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/f/febre-amarela#:~:text=No%20ciclo%20silvestre%2C%20os%20transmissores%20s%C3%A3o%20mosquitos,que%2C%20nesse%20ciclo%2C%20apresenta%2Dse%20como%20hospedeiro%20acidental..> Acesso em: 15 jul. 2025
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Febre amarela**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2025e. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/svsa/cnie/painel-febre-amarela>. Acesso em: 15 jul. 2025
- CARNEIRO, Willian Vieira. **Óleo essencial de citronela: avaliação do seu potencial como repelente veiculado em uma loção cremosa**. 2015. Monografia (Bacharelado em Farmácia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015. Disponível em: repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/1013/4/WVC09032016.pdf#:~:text=Universidade%20Federal%20da%20Paraíba%20Centro%20de%20Ciências%20da%20Saúde%20Departamento. Acesso em: 28 out. 2024.
- DONALISIO, M. R. *et al.* Arboviroses emergentes no Brasil: desafios para a clínica e implicações para a saúde pública. **Revista de Saúde Pública**, Campinas, SP, v. 51, p. 1-6, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rsp/a/Nym8DKdvfL8B3XzmWZB7hJH/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 17 fev. 2026.
- FREIRE, Nathália Freitas. **Desenvolvimento de nanopartículas poliméricas contendo óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus*)**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017. Disponível em: repositorio.ufba.br/bitstream/ri/24876/4/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Nath%C3%A1lia_Freitas_Freire.pdf. Acesso em: 8 out. 2024.
- Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiros. **Planta medicinais e fitoterapia: tradição e ciência**. Piracicaba, SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiros, Dez. 2023. Disponível em: www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/view/1223/1117/4234. Acesso em: 28 set. 2024.
- Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ. **Uma breve história da febre amarela**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2008. Disponível em: <https://agencia.fiocruz.br/uma-breve-historia-da-febre-amarela>. Acesso em: 15 jul. 2025.

Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ. **Como é o ciclo de vida do ‘*Aedes aegypti*’?**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2019. Disponível em: portal.fiocruz.br/pergunta/como-e-o-ciclo-de-vida-do-mosquito-aedes-aegypti#:~:text=O%20Aedes%20aegypti%20passa%20por%20quatro%20etapas%20at%C3%A9,dez%20dias%20para%20se%20tornar%20um%20mosquito%20adulto. Acesso em: 10 ago. 2024.

Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ. **Aedes: Resistência aos inseticidas**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2021. Disponível em: <https://www.invivo.fiocruz.br/biodiversidade/aedes-resistencia-aos-inseticidas/#:~:text=O%20uso%20cont%C3%ADnuo%20de%20produtos,esta%20resist%C3%A2ncia%20para%20seus%20descendentes..> Acesso em: 24 mai. 2025.

Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ. **Programa Educacional em Vigilância e Cuidado em Saúde no Enfrentamento da COVID-19 e de outras Doenças Virais**. Mato Grosso do Sul: FIOCRUZ, 2022. Disponível em: https://cursos.matogrossodosul.fiocruz.br/mod/ppuunasus/webview.php/mod/ppuunasus/323/mod3_un3_sec4_pag2.html#:~:text=Armadilhas%20larvitrapas.20De%20acordo%20com%20as%20DNPCED%2C,terminais%20rodovi%C3%A1rios%2C%20ferrovi%C3%A1rios%2C%20de%20passageiros%20e%20de. Acesso em: 26 jun. 2025.

Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ. **Doenças no portal Fiocruz: Dengue**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2024a. Disponível em: portal.fiocruz.br/doenca/dengue. Acesso em: 8 ago. 2024.

Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ. **Dengue: Virus e vetor: O mosquito Aedes aegypti faz parte da história e vem se espalhando pelo mundo desde o período das colonizações**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2024b. Disponível em: www.ioc.fiocruz.br/dengue/textos/longatraje.html. Acesso em: 9 ago. 2024.

Fundação Nacional de Saúde - FUNASA. **Armadilha**. Brasília (DF): FUNASA, 2017. Disponível em: [https://www.funasa.gov.br/galeria-virtual-de-pecas-funasa/-/asset_publisher/TwUCZzJo5vvP/content/armadilha?inheritRedirect=false#:~:text=\(larvitrapas\)%20Usada%20para%20captura%20de,rodovi%C3%A1rios%2C%20ferrovi%C3%A1rias%20e%20terminais%20de](https://www.funasa.gov.br/galeria-virtual-de-pecas-funasa/-/asset_publisher/TwUCZzJo5vvP/content/armadilha?inheritRedirect=false#:~:text=(larvitrapas)%20Usada%20para%20captura%20de,rodovi%C3%A1rios%2C%20ferrovi%C3%A1rias%20e%20terminais%20de). Acesso em: 26 jun. 2025.

HERNANDEZ-LAMBRANO, R. E *et al.* Essential oils from plants of the genus *Cymbopogon* as natural insecticides to control stored product pests. **Journal of Stored Products Research**, v. 62, p. 81-83, Mai. 2015. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022474X15300047#:~:text=Essenti

- al%20oils%20from%20plants%20of%20the%20genus%20Cymbopogon,Motsch%20wer e%20investigated.%20...%203%20Repellency%20Fumigant%20. Acesso em: 9 out. 2024.
- HIGUCHI, Celio Takashi. **Desenvolvimento de repelente com óleo de citronela em matriz nanotecnológica e sua avaliação de segurança e eficácia**. 2022. Tese (Doutorado em Química - Ciência e Tecnologia da Sustentabilidade) - Universidade Federal de São Paulo, Diadema, 2022. Disponível em: repositorio.unifesp.br/items/18dd2b2a-0807-4b76-8975-0c357b69084e. Acesso em: 10 out. 2024.
- ISMAN, M. B. Botanical insecticides in the twenty-first century: fulfilling their promise?. **Annual Review of Entomology**, v. 65, p. 233–249, 2020. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/docserver/fulltext/ento/65/1/annurev-ento-011019-025010.pdf?expires=1785106039&id=id&accname=guest&checksum=2C0D51BE272851F84836F09C819107B6>. Acesso em: 26 jul. 2026
- Instituto Butantan. **Citronela e óleo de cravo afastam o mosquito da dengue? Saiba quais repelentes são realmente eficazes contra o *Aedes aegypti***. São Paulo, SP: Instituto Butantan, Jun. 2024. Disponível em: butantan.gov.br/noticias/citronela-e-oleo-de-cravo-afastam-o-mosquito-da-dengue-saiba-quais-repelentes-sao-realmente-eficazes-contr-o-aedes-aegypti. Acesso em: 3 nov. 2024.
- Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social - IPARDES. **Caderno Estatístico Município de Umuarama**. Curitiba, PR: IPARDES, Set. 2024. Disponível em: www.ipardes.gov.br/cadernos/MontaCadPdf1.php?Municipio=87500. Acesso em: 29 set. 2024.
- LACERDA, K. A *et al.* Análise do crescimento e do teor de óleos essenciais em citronela (*Cymbopogon nardus*) sob diferentes composições de substrato. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 22, p. 150 - 159, 2020. Disponível em: www.sbpmed.org.br/admin/files/papers/file_WGpfdJR4RUTY.pdf#:~:text=deste%20trabalho%20foi%20analisar%20o%20crescimento%20e%20a%20produção%20do. Acesso em: 9 out. 2024.
- LEANDRO, G. C. W. *et al.* Análise temporal e espacial dos casos municipais de dengue no Paraná e indicadores sociais e ambientais, 2012 a 2021: estudo ecológico. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, Foz do Iguaçu, PR, v. 25, p. 1-10, 2022. Disponível em: www.scielo.br/j/rbepid/a/CBd4G9PcFN8L9KPdMzwXmxK/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 25 set. 2024.
- LIMA, A. M.; CORRÊA, A. P. V.; UEHARA, S. C. S. A. Influência dos indicadores socioeconômicos na distribuição dos casos suspeitos de dengue no município de São

- Carlos-SP. **Physis – Revista de Saúde Coletiva**, São Carlos, SP, v. 34, p. 1-18, 2024. Disponível em: scielo.br/j/physis/a/96N3PHJwRMczY6xZFNj7xvn/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 8 ago. 2024.
- LIMA-CAMARA, T. N. A dengue é produto do meio: uma abordagem sobre os impactos do ambiente no mosquito *Aedes aegypti* e nos casos da doença. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, SP, v. 27, p. 1-8, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbepid/a/tScn3zQV4kWqYrh35fKYWdM/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 17 fev. 2026.
- LOPES, J. C *et al.* Fungos endofíticos isolados do capim citronela e seleção de antagonistas a fitopatógenos. **Biota Amazônica**, v. 7, n. 3, p. 84-88, Set. 2017. www.academia.edu/98943092/Fungos_Endofiticos_Isolados_Do_Capim_Citronela_e_Seleção_De_Antagonistas_a_Fitopatogenos. Disponível em: www.academia.edu/98943092/Fungos_Endofiticos_Isolados_Do_Capim_Citronela_e_Seleção_De_Antagonistas_a_Fitopatogenos. Acesso em: 9 out. 2024.
- MALDONADO, Gabriela. **Estudo sobre os métodos de extração dos óleos essenciais - uma revisão integrativa**. 2022. Monografia (Bacharelado em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2022. Disponível em: repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/30668/1/metodoextraacaooleorevisao.pdf. Acesso em: 15 out. 2024.
- MARCO, C. A *et al.* Influência de espaçamento, altura e época de corte no rendimento da biomassa e óleo essencial na cultura de capim citronela (*Cymbopogon winterianus* Jowitt.). **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 1, p. 32-36, 2006. Disponível em: www.academia.edu/70067647/Influência_de_espaçamento_altura_e_época_de_corte_no_rendimento_da_biomassa_e_óleo_essencial_na_cultura_de_capim_citronela_Cymbopogon_winterianus_Jowitt_. Acesso em: 8 out. 2024.
- MARCOLINA, Marzy. **Óleos essenciais: estudo de extração e atividade antimicrobiana**. 2021. Monografia (Bacharelado em Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2021. Disponível em: repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/30668/1/metodoextracaooleorevisao.pdf. Acesso em: 15 out. 2024.
- MESSIAS, N, *et al.* Febre chikungunya é um desafio para o sistema de vigilância em saúde: revisão sistemática. **Revista Cient. Esc. Estadual Saúde Pública Goiás "Cândido Santiago"**. v. 4, n. 2, 2018. Disponível em: <https://www.revista.esap.go.gov.br/index.php/resap/article/view/94/118>. Acesso em: 11 jul. 2025.

- OLIVEIRA, Marcia Terezinha Ramos. **Secagem e qualidade do óleo essencial de *Pectis brevipedunculata* (Gardner) Sch. Bip.** 2011. Tese (Doutor em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2011. Disponível em: <https://uenf.br/posgraduacao/producao-vegetal/wp-content/uploads/sites/10/2014/09/Marcia-Oliveira.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2025.
- OLIVEIRA, Flávia do Socorro Oliveira de; SOUZA, Sâmilla Seomara Lima de. **Ocorrência do *Aedes aegypti* e *Aedes Albopictus* (Diptera, Culicidae) nos anos de 2013 a 2022 no Município de Capanema – PARÁ**. 2023. Monografia (Bacharel em Ciências Biológicas) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Capanema, 2023. Disponível em: <https://bdta.ufra.edu.br/jspui/bitstream/123456789/3237/1/Ocorr%C3%Aancia%20do%20Aedes%20aegypti%20e%20aedes%20albopictus.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2025.
- Organização Mundial da Saúde. **OMS: Brasil é o país mais afetado em novo surto de dengue nas Américas**. Disponível em: news.un.org/pt/story/2023/07/1817882. Acesso em: 19 set. 2024.
- PARANÁ. Secretaria da Saúde do Estado do Paraná. **Paraná contra a dengue: Boletins da dengue**. Curitiba, PR: Secretaria da Saúde do Estado do Paraná, 2026. Disponível em: <https://www.documentador.pr.gov.br/documentador/pub.do?action=d&uuid=@gtf-escriba-sesa@15001250-f645-4111-ae12-5dc688153f5a&emPg=true>. Acesso em: 26 jul. 2026.
- PARANÁ. Secretaria de Saúde do Estado do Paraná. **Informe epidemiológico**. Curitiba, PR: Secretaria de Saúde do Estado do Paraná, 2024. Disponível em: <https://www.dengue.pr.gov.br/Pagina/Boletins-da-Dengue>. Acesso em: 26 de jul. 2026.
- PAVELA, R.; BENELLI, G. Essential oils as ecofriendly biopesticides? Challenges and constraints. **Trends in Plant Science**, v. 21, n. 12, p. 1000–1007, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1360138516301649>. Acesso em: 26 jul. 2026.
- PAWLOWSKI, A *et al.* Potencial alelopático dos óleos essenciais de capim-limão, citronela e lavanda. **Agroecologia: métodos e técnicas para uma agricultura sustentável**, v. 4, p. 141-155, 2021. Disponível em: www.academia.edu/112937538/Potencial_Alelopático_Dos_Óleos_Essenciais_De_Capim_Limão_Citronela_e_Lavanda. Acesso em: 10 out. 2024.
- PIRACICABA. Prefeitura de Piracicaba. **Prefeitura testa inseticida natural no combate ao *Aedes aegypti*, transmissor da dengue**. Piracicaba, SP: Prefeitura de Piracicaba, Abr.

2024. Disponível em: piracicaba.sp.gov.br/noticias/prefeitura-testa-inseticida-natural-no-combate-ao-aedes-aegypti-transmissor-da-dengue/. Acesso em: 3 de nov. 2024.

PISTORI, Hemerson. **LARVIC. Monitoramento da Criação e Bioensaios com Larvas de *Aedes aegypti* L. e *Artemia salina* L. utilizando Visão Computacional**. 2009. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, 2009. Disponível em: <http://www.gpec.ucdb.br/pistori/projetos/larvic/larvicProjetoCompleto.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2025.

RIBEIRO, M. S; FERREIRA, D. F; AZEVEDO, R. C; SANTOS, G. B. G.; MEDRONHO, R. A. Índices larvais de *Aedes aegypti* e incidência de dengue: um estudo ecológico no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 37, n. 7, p. 1-13, Jul. 2021. Disponível em: www.scielo.br/j/csp/a/7fkVGsRMmjKNxD5QCFQMqBk/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 8 ago. 2024.

RIBEIRO, Michel Douglas Santos. **Composição fitoquímica e potencial antimicrobiano dos óleos essenciais Alecrim-pimenta e Citronela**. 2021. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, 2021. Disponível em: repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/72071/3/2021_diss_mdsribeiro.pdf. Acesso em: 8 out. 2024.

SANTOS, A. L. S *et al.* Composição química, atividade larvicida, inseticida e repelente e larvicida de óleos essenciais frente ao *Aedes aegypti*. **Research Society and Development**, v. 11, n. 2, p. 1-16, 2022. Disponível em: www.researchgate.net/publication/358319075_Composicao_quimica_atividade_larvicida_inseticida_e_repelente_e_larvicida_de_oleos_essenciais_frente_ao_Aedes_aegypti. Acesso em: 3 nov. 2024.

SANTOS, A. R. *et al.* Plantas medicinais com atividade repelente de mosquitos: protocolo de revisão sistemática. **Research Society and Development**, v. 10, n. 13, p. 1-7, 2021. Disponível em: www.researchgate.net/publication/355417015_Plantas_medicinais_com_atividade_repelente_de_mosquitos_protocolo_de_revisao_sistemica. Acesso em: 3 nov. 2024.

SANTOS, Aline Barbosa dos. **A problemática sócio-ambiental da urbana da dengue no Município de Umuarama-PR**. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015. Disponível em: repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/22601/3/MD_GAMUNI_VI_2014_5.pdf#:~:text=desigualdades%20socioambientais%20produzidas%20em%20Umuarama%20podem%20se%20tornar%20os. Acesso em: 29 set. 2024.

- SHARMA, Ruchi *et al.* Therapeutic potential of citronella essential oil: a review. **Current drug discovery technologies**, v. 16, n. 4, p. 330-339, 2019. Disponível em: www.eurekaselect.com/article/91780. Acesso em: 8 out. 2024.
- SILVA, A. A.; MIRANDA, C. F.; FERREIRA, J. R.; ARAUJO, J. A. **Fatores sociais e ambientais que podem ter contribuído para a proliferação da dengue em Umuarama, estado do Paraná.** Maringá, v. 25, n. 1, p. 81-85, 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228646742_Fatores_sociais_e_ambientais_que_podem_ter_contribuido_para_a_proliferacao_da_dengue_em_Umuarama_estado_do_Parana_-DOI_104025actascihealthsciv25i12305. Acesso em: 26 set. 2024.
- SILVA, M. N. S.; SILVA, V. V.; CAMPOS, M. C. C.; FERNANDES, F. S.; VAZ, M. A. B. Dengue: Fatores de proliferação, incidência e questões socioambientais. **Revistaea**, v. 22, n. 65, p.1-18, Nov. 2018. Disponível em: www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=3380. Acesso em: 18 set. 2024.
- SILVA, Luiz Antonio Perfeto Oliveira. **Avaliação da atividade repelente de derivados de octenol e ácido láctico contra fêmeas do mosquito *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera: Culicidae).** 2024. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Manaus, 2024. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/40543>. Acesso em: 15 jul. 2025.
- SOUSA, T.C.M; AMANCIO, F; HACON, S.S; BARCELLOS, C. Doenças sensíveis ao clima no Brasil e no mundo: Revisão sistemática. **Revista Panamericana de Saúde Pública**, v. 42, n. 85, p. 1-10, 2018. Disponível em: www.scielo.org/pdf/rpsp/2018.v42/e85#:~:text=Fazer%20um%20levantamento%20da%20literatura%20existente%20acerca%20das%20doen%C3%A7as%20sens%C3%ADveis. Acesso em: 29 set. 2024.
- SOUZA, I. C. P *et al.* Atividade antimicrobiana do óleo essencial de *Cymbopogon nardus* (Citronela): Uma revisão da literatura. **Revista ft: Ciências da Saúde**, v. 29, n. 140, p. 1-6, 2024. Disponível em: <https://revistaft.com.br/atividade-antimicrobiana-do-oleo-essencial-de-cymbopogon-nardus-citronela-uma-revisao-da-literatura/:~:text=Geraniol%20e%20citronelol%20destacam%2Dse,solu%C3%A7%C3%B5es%20alinhadas%20%C3%A0s%20exig%C3%Aancias%20contempor%C3%A2neas..> Acesso em: 17 fev. 2026.
- UCKER, Anna Paula Ferreira Batista Goldfeld. **Multiplicação, adubação, desenvolvimento e produção de óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus jowitt*).** 2013. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solo e Água) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013. Disponível em: files.cercomp.ufg.br/weby/up/70/o/DISSERTAÇÃO_ANNA_PAULA_GOLDFELD.pdf

CAPÍTULO 2

ARTIGO

**Potencial do Óleo Essencial de *Cymbopogon winterianus* para o Controle Sustentável do
Aedes aegypti: Composição Química e Atividade Larvicida**

Artigo editado de acordo com as normas de publicação da Revista Journal of Essential Oil
Research – ISSN XXXX-XXXX.

Potencial do Óleo Essencial de *Cymbopogon winterianus* para o Controle Sustentável do *Aedes aegypti*: Composição Química e Atividade Larvicida

Wesley Henrique Secundini¹, Francieli Gesleine Capote Bonato², Emanuele Melchioti², André de Almeida Cardoso¹, Kariny Aparecida Jardim Rubio², Zilda Cristiani Gazim^{1,2}, Lidiane Nunes Barbosa^{1,2}, Odair Alberton¹, Daniela Dib Gonçalves^{1,2}

¹Mestrado de Plantas Medicinais e Fitoterápicos na Atenção Básica, Universidade Paranaense Umuarama, Paraná, Brasil;

²Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal com Ênfase em Produtos Bioativos, Universidade Paranaense, Umuarama, Paraná, Brasil;

³Curso de Medicina Veterinária, Universidade Paranaense, Umuarama, Paraná, Brasil;

RESUMO

A *Cymbopogon spp* (Citronela), são plantas da família Poaceae, distribuídas nas regiões de climas semi-temperado e tropical em todo o mundo, e reconhecida por suas propriedades antimicrobianas, antioxidantes, anti-inflamatórias, inseticidas e larvicidas. O *Aedes aegypti* é o principal vetor de arboviroses como dengue, zika e chikungunya, incentivando o uso de produtos naturais no controle vetorial. Este estudo objetivou avaliar a atividade inseticida do óleo essencial de *C. winterianus* sobre larvas entre terceiro/quarto instar e caracterizar sua composição química por GC-MS. O óleo foi obtido por hidrodestilação e caracterizado por GC-MS, apresentando citronelal (50,66%), geraniol (16,54%) e citronelol (12,27%) como compostos majoritários. Bioensaios de mortalidade com larvas (3^o–4^o instar) foram conduzidos em diferentes concentrações (1–500 µg mL⁻¹) no teste in vitro e (250-500 µg mL⁻¹) no teste

confirmatório, com avaliação da mortalidade após 24 h e determinação de CL₅₀ e CL₉₀. Observou-se mortalidade de 98–100% em concentrações $\geq 250 \mu\text{g mL}^{-1}$, com relação dose–resposta significativa ($R^2=0,8471$). Os valores de CL₅₀ ($152,70 \mu\text{g mL}^{-1}$) e CL₉₀ ($221,10 \mu\text{g mL}^{-1}$) e o ajuste não linear ($R^2=0,9960$) confirmam alta eficácia larvicida. Sua atividade tóxica está provavelmente relacionada à interferência parcial ou total sobre diferentes alvos fisiológicos do sistema nervoso central dos artrópodes (a enzima acetilcolinesterase, canais iônicos (receptores GABA), receptores octopaminérgicos). O óleo essencial de *C. winterianus*, rico em citronelal, geraniol e citronelol, apresentou elevada atividade larvicida contra *A. aegypti*, evidenciada por altas taxas de mortalidade e baixos valores de CL₅₀ e CL₉₀. Os resultados indicam seu potencial como alternativa biotecnológica sustentável para o controle vetorial, reduzindo a dependência de inseticidas sintéticos. Sob a perspectiva da Saúde Única, a utilização desse bioinsumo pode contribuir para a prevenção de arboviroses com menor impacto ambiental, alinhando-se aos ODS relacionados à saúde, inovação e sustentabilidade. Estudos adicionais são necessários para validar sua eficácia em condições de campo.

Palavras-chaves: Arbovirose. Ação inseticida. Controle biológico. Plantas medicinais. Sustentabilidade. Saúde Única.

ABSTRACT

Cymbopogon spp. (citronella) comprises plants of the family Poaceae distributed throughout tropical and temperate regions worldwide and is recognized for its antimicrobial, antioxidant, anti-inflammatory, insecticidal, and larvicidal properties. *Aedes aegypti* is the primary vector of arboviral diseases such as dengue, Zika, and chikungunya, encouraging the search for natural products as sustainable alternatives for vector control. This study aimed to evaluate the insecticidal activity of the essential oil of *C. winterianus* against third- and fourth-instar *A. aegypti* larvae and to characterize its chemical composition by gas chromatography–mass spectrometry (GC–MS). The essential oil was obtained by hydrodistillation and analyzed by GC–MS, revealing citronellal (50.66%), geraniol (16.54%), and citronellol (12.27%) as the major constituents. Larval mortality bioassays were performed using third- and fourth-instar larvae exposed to different concentrations of the essential oil (1–500 $\mu\text{g mL}^{-1}$) in the in vitro assay and (250–500 $\mu\text{g mL}^{-1}$) in the confirmatory assay. Mortality was evaluated after 24 h, and the median lethal concentration (LC_{50}) and 90% lethal concentration (LC_{90}) were determined. Mortality rates ranging from 98% to 100% were observed at concentrations ≥ 250 $\mu\text{g mL}^{-1}$, demonstrating a significant dose–response relationship ($R^2 = 0.8471$). The LC_{50} (152.70 $\mu\text{g mL}^{-1}$) and LC_{90} (221.10 $\mu\text{g mL}^{-1}$) values, together with the superior fit of the nonlinear regression model ($R^2 = 0.9960$), confirmed the high larvicidal efficacy of the essential oil. Its toxic activity is likely associated with partial or complete interference with multiple physiological targets within the arthropod central nervous system, including acetylcholinesterase, ion channels (GABA receptors), and octopaminergic receptors. The essential oil of *C. winterianus*, rich in citronellal, geraniol, and citronellol, exhibited remarkable larvicidal activity against *A. aegypti*, as demonstrated by high mortality rates and low LC_{50} and LC_{90} values. These findings indicate its potential as a sustainable biotechnological alternative for vector control, reducing dependence on synthetic insecticides. From a One Health

perspective, the use of this bio-based product may contribute to the prevention of arboviral diseases while minimizing environmental impacts, thereby supporting the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs) related to health, innovation, and sustainability. Further studies are required to validate its efficacy under field conditions.

Keywords: Arboviral diseases. Insecticidal activity. Biological control. Medicinal plants. Sustainability. One Health.

1. Introdução

A *Cymbopogon spp* (Citronela), é uma planta da família Poaceae, com aproximadamente 140 espécies amplamente distribuídas nas regiões de climas semi-temperado e tropical em todo o mundo, cuja fração volátil foliar apresenta rendimento de óleo essencial entre 0,5- 1% (m/m) (1,2). Duas espécies principais de citronela são conhecidas e têm importância industrial na área farmacêutica, cosmética e de perfumaria, sendo a *Cymbopogon nardus* e *C. winterianus* (2).

Os óleos essenciais originários dessas plantas são misturas complexas de metabólitos secundários voláteis, majoritariamente monoterpenos e sesquiterpenos, reconhecidos como produtos naturais bioativos com propriedades antimicrobianas, antioxidantes, anti-inflamatórias, inseticidas e larvicidas (3). Análises por GC-MS de amostras foliares de *C. winterianus* obtidas no Nepal (4,5), no Líbano (6), bem como da região nordeste do Brasil (7), revelaram predominância dos monoterpenos geraniol, citronelal e o citronelol, mas também estudo conduzido no Vietnã encontrou a predominância do sesquiterpeno elemol (8), sugerindo que as variações no perfis químicos são influenciados por condições edafoclimáticas (solo, pH, adubação, época de colheita), precipitação, altitude e radiação solar.

A literatura sugere que os monoterpenos majoritários citronelal, geraniol, citronelol presentes em *C. winterianus* exercem toxicidade sobre larvas de *Aedes aegypti* e outros dípteros por vias como bloqueio competitivo ou não-competitivo da acetilcolinesterase (AChE), elevando os níveis de acetilcolina na fenda sináptica e causando hiperexcitação e a modulação de receptores GABA, potencializando correntes de Cl^- e levando à paralisia muscular (9, 10).

As arboviroses representam um importante desafio à saúde pública, especialmente em regiões tropicais e subtropicais, onde fatores ambientais e sociais favorecem a proliferação de vetores (11). Nesse contexto, o mosquito *Aedes aegypti* destaca-se como principal transmissor de doenças como dengue, chikungunya, zika e febre amarela urbana, caracterizadas por elevada

incidência e impacto epidemiológico (12). Sua adaptação ao ambiente urbano, associada a deficiências em saneamento e crescimento populacional desordenado, contribui para a persistência dessas enfermidades (13). Embora o controle vetorial envolva métodos mecânicos, químicos e biológicos, o uso intensivo de inseticidas sintéticos tem promovido resistência e impactos ambientais (14).

Além dos impactos sobre a morbimortalidade, a dengue gera elevados custos diretos com consultas, exames, internações, vigilância epidemiológica e ações de controle vetorial, bem como custos indiretos decorrentes da perda de produtividade, absenteísmo escolar e laboral, com estimativas indicando que o impacto econômico anual da dengue no Brasil varia entre R\$198,00 e R\$906,00 por internação do SUS, com tendência de aumento ao longo do tempo (15). Na América Latina, supera US\$ 3 bilhões por ano, evidenciando a necessidade de investimentos em estratégias preventivas e tecnologias inovadoras para o controle do vetor (16).

Nesse cenário, óleos essenciais surgem como alternativas promissoras. Espécies do gênero *Cymbopogon*, como a citronela, apresentam compostos bioativos com reconhecida ação inseticida, destacando-se como potenciais agentes no manejo sustentável de vetores (17). Este estudo avaliou a atividade inseticida do óleo essencial de citronela sobre larvas do *A. aegypti*, a caracterização química do óleo da *C. Winterianus* e os principais compostos envolvidos na mortalidade larval.

2. Material e Métodos

2.1 Obtenção do material vegetal e preparo

A *Cymbopogon winterianus* Jowitt ex Bor está catalogada no herbário do Centro Nacional de Recursos Genéticos (CENARGEM), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, em Brasília/DF, sob o registro nº 122593 e cadastro no SisGen nº ABD29CF. As folhas foram coletadas no dia 22 de agosto de 2025, no período da manhã (8:00–10:00 h) de plantas cultivadas no Horto Medicinal da Universidade Paranaense, em Umuarama/PR (23°47'55" S; 53°18'48" W; 430 m). O material foi acondicionado em caixa térmica (~15 °C) e encaminhado ao Laboratório de Pesquisa com Produtos Bioativos da Universidade Paranaense, onde foi triturado no mesmo dia para extração do óleo essencial.

2.2 Extração do óleo essencial e determinação do rendimento

A extração do óleo essencial foi realizada por hidrodestilação, com extrator do tipo Clevenger modificado. Foram utilizadas 296,68 g de folhas e caules frescos triturados em água destilada na proporção de 100 g L⁻¹. O tempo de destilação foi de 3 horas e o óleo retirado com hexano foi filtrado com Na₂SO₄ anidro e armazenado em frascos âmbar sob refrigeração a 4 °C. A determinação do rendimento do óleo essencial em % (m/m) corresponde à relação massa/massa pela medida da densidade, observando o volume obtido no próprio sistema de extração (18).

2.3 Caracterização química do óleo por CG/EM

A caracterização química do óleo essencial foi realizada por cromatografia em fase gasosa em equipamento GC-MS QP 2010 SE (Shimadzu). Para cada análise, 10 µL das amostras foram diluídas em 1000 µL de diclorometano (Anidrol) antes de serem injetados em coluna SH-RTx-5MS (Shimadzu, 5% fenilmetilsiloxano, 30 mx 0,25 mm id, 0,25 µm) utilizando injetor automático (Shimadzu AOC-20i). Utilizou-se o hélio como gás de arraste na

vazão de 1,0 mL min⁻¹, split de 2:1 e injeção de 1 µL. A temperatura da coluna foi inicialmente programada a 40 °C, aquecendo a 6 °C min⁻¹ até atingir a temperatura final de 300 °C. As temperaturas do injetor e da interface GC-MS foram mantidas a 250 °C. Os espectros de massa foram registrados a 70 eV com intervalo de massa de m/z 50 a 550 amu (19). Os compostos foram identificados por comparação dos espectros de massa com as bibliotecas NIST20 e Wiley 275, além da comparação dos índices de retenção (RI), calculados em relação à série homóloga de n-alcenos (C8–C40), com valores descritos na literatura (20).

2.4 Criação e cuidados com as larvas

As larvas do *A. aegypti* foram obtidas a partir de ovos contidos em paletas de Eucatex, fornecidas pela Vigilância em Saúde Ambiental de Umuarama. As larvas foram eclodidas e mantidas em copos descartáveis de 100 mL de água deionizada até atingirem o terceiro/quarto instar, alimentadas com ração de gato até sua posterior transferência para os recipientes dos testes preliminares (in vitro) e apurados (teste confirmatório) (21).

2.5 Teste de mortalidade

2.5.1 Teste Preliminar (in vitro)

Os testes preliminares foram conduzidos nas concentrações de 1, 10, 100, 250 e 500 µg mL⁻¹, a partir de solução estoque (1000 µg mL⁻¹) preparada com 0,030 g de óleo essencial de citronela em 30 mL de água destilada contendo 2% de DMSO. Para cada concentração, em quadruplicata, 10 larvas foram expostas em tubos de ensaio (5 mL) por 24 h, sendo posteriormente quantificados os indivíduos mortos e sobreviventes para cálculo da mortalidade percentual (22). A atividade biológica foi avaliada por meio das concentrações letais médias

(CL50 e CL90), correspondentes às doses necessárias para provocar a morte de 50% e 90% da população, respectivamente.

2.5.2 Teste confirmatório

As frações que apresentaram mortalidade superior a 30% nos testes preliminares foram submetidas ao ensaio confirmatório. As concentrações utilizadas foram de 250, 300, 350, 400, 450 e 500 $\mu\text{g mL}^{-1}$, a partir de solução estoque (1000 $\mu\text{g mL}^{-1}$) preparada com 0,30 g de óleo essencial de citronela em 300 mL de água destilada contendo 2% de DMSO. Para cada concentração, 25 larvas foram expostas em copos descartáveis (30 mL), sendo a mortalidade larval avaliada após 24 h. Larvas que atingiram o estágio de pupa foram excluídas da análise, sendo o ensaio repetido quando a pupação excedeu 10% ou quando a mortalidade no controle foi superior a 20% (21,23).

O experimento foi inteiramente casualizado, com quatro repetições por tratamento, de modo que para cada tratamento utilizou 100 larvas (25 larvas/repetição) em um total de 24 unidades experimentais.

2.6 Análise Estatística

Os dados foram interpretados por meio de análises de variância, regressão e correlação. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SPSS versão 22.0 para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). As equações de regressão foram ajustadas com base no teste “t” dos coeficientes, a 5% de probabilidade e no coeficiente de determinação. As concentrações de toxicidade CL 50 e CL90 foram calculadas pelo Software GraphPad 10.0 pelo método “Dose-response Special” > “log(agonist) vs. Response – Find E Canything”, com transformação das concentrações em

valores logarítmicos para projeção da curva dose-resposta dos resultados obtidos nos bioensaios *in vitro*.

3. Resultados

3.1 Rendimento do óleo essencial de citronela

O peso obtido do O.E foi de 1,521 g em 296,68 g de folhas e caules frescos, com um rendimento de 0,512%.

3.2 Caracterização química do óleo por CG/EM

Por meio da cromatografia foram identificados um total de 15 compostos, conforme observado na Tabela 01.

Tabela 01: Composição química do óleo essencial (%) de citronela.

Pico	TR	RI	RI Lit.	Composto	Teor (%)
1	8.476	1034	1024	D-Limonene	2,358
2	10.319	1108	1095	Linalool	0,646
3	11.446	1157	1145	Isopulegol	0,593
4	11.596	1163	1148	Citronelal	50,664
5	13.438	1222	1223	Citronelol	12,276
6	14.067	1237	1249	Geraniol	16,549
7	16.798	1394	1365*	2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z)-	3,408
8	18.392	1456	1452	Humulene	-
9	18.979	1492	1484	Germacrene D	3,059
10	19.661	1527	1484*	γ -Muurolene 1-Isopropyl-4,7-dimethyl-1,2,3,5,6,8a-	-
11	19.798	1534		hexahydronaphthalene	2,262
12	20.967	1592	1574*	(2E,4S,7E)-4-Isopropyl-1,7-dimethylcyclodeca-2,7-dienol	3,033
13	22.272	1633	1640	tau-Muurolol	-
14	23.589	1669	1713*	2,6,10-Dodecatrien-1-ol, 3,7,11-trimethyl-	0,242
15	23.961	1679	1730*	2,6,10-Dodecatrienal, 3,7,11-trimethyl-, (E,E)-	-

Legenda: TR: tempo de retenção; RI: Índice de Retenção; RI Lit: Índice de retenção Adams 2017 ou Nist*.

Fonte: Elaboração dos autores.

Os constituintes majoritários encontrados foram: Citronelal (50,664%), Geraniol (16,549%), Citronelol (12,276%).

3.3 Testes de mortalidade

3.3.1 Teste in vitro

A mortalidade de larvas de *Aedes aegypti* aumentou significativamente com a elevação das concentrações testadas, demonstrando uma clara relação dose-resposta. O controle (DMSO 2% + água destilada) e as concentrações de 1 e 10 $\mu\text{g mL}^{-1}$ não apresentaram mortalidade, enquanto 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$ resultou em 7,5% de mortalidade, diferindo estatisticamente das menores doses (Tabela 02). Nas concentrações de 250 e 500 $\mu\text{g mL}^{-1}$, observou-se alta mortalidade (95% e 100%), sem diferença significativa entre si, mas superiores às demais. Esses resultados indicam elevado potencial larvicida em concentrações $\geq 250 \mu\text{g mL}^{-1}$.

Tabela 02: Mortalidade de larvas de *Aedes aegypti* expostas a diferentes concentrações do tratamento em ensaio in vitro.

Dose ($\mu\text{g mL}^{-1}$)	Expostos	Mortalidade absoluta	Mortalidade (%)
DMSO 2% + Água destilada	40	0	0,00 ^a
1,00	40	0	0,00 ^a
10,00	40	0	0,00 ^a
100,00	40	3	7,50 ^b
250,00	40	38	95,00 ^c
500,00	40	40	100,00 ^c

Legenda: Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração dos autores.

A análise de regressão linear indicou relação significativa entre as concentrações e a mortalidade larval de *Aedes aegypti* ($p=0,0105$), com coeficiente de determinação $R^2=0,8471$, evidenciando que 84,7% da variação da mortalidade é explicada pelas concentrações testadas. O coeficiente de regressão foi significativo ($b=3,71$; $p=0,0092$), indicando aumento da mortalidade com o incremento da concentração (Tabela 03). A equação ajustada ($Y=18,27 +$

3,71X) descreve o padrão dose–resposta observado, confirmando a influência direta da concentração sobre a mortalidade larval e o potencial efeito larvicida do tratamento.

Tabela 03: Análise de regressão linear entre concentrações e mortalidade larval do *A. aegypti* realizadas no ano de 2025.

Parâmetro	Valor
Intercepto (a)	18,27
Coefficiente de regressão (b)	3,71
Equação do modelo	$Y=18,27 + 3,71X$
Coefficiente de correlação (r)	0,9204
Coefficiente de determinação (R^2)	0,8471
F (regressão)	22,15
p-valor	0,0105

Fonte: Elaboração dos autores.

A correlação de Spearman indicou forte associação positiva entre as concentrações e a mortalidade larval de *Aedes aegypti* ($r=0,8804$; $p=0,0206$), evidenciando aumento da mortalidade com o incremento da dose. O bioensaio apresentou CL_{50} de $152,70 \mu\text{g mL}^{-1}$ e CL_{90} de $221,10 \mu\text{g mL}^{-1}$ (IC 95%; $p<0,05$). Observou-se relação positiva entre concentração e mortalidade, conforme ilustrado na Figura 1. O modelo de regressão não linear apresentou melhor ajuste ($R^2 = 0,9960$) em comparação ao modelo linear ($R^2 = 0,8457$), indicando comportamento sigmoidal típico de ensaios dose–resposta.

Concentração ($\mu\text{g.mL}^{-1}$) x Mortalidade (%)

CL50=152.70 CL90=221.10

$R^2=0.9960$

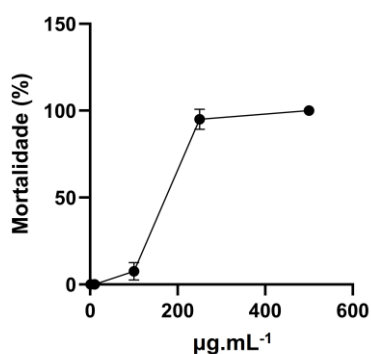


Figura 1 - Mortalidade de

larvas de terceiro/quarto instar de *A. aegypti* com o aumento da concentração do óleo essencial de citronela.

Fonte: Elaboração dos autores plotado do software GraphPad 10.0.

3.3.2 Teste confirmatório

No teste definitivo observou-se elevada mortalidade larval em todas as concentrações avaliadas, variando entre 98% e 100% (Tabela 04). As concentrações testadas não diferiram significativamente entre si, diferindo apenas do controle solvente.

Tabela 04: Resultados de mortalidade de larvas de *A. aegypti* no teste definitivo.

Dose ($\mu\text{g mL}^{-1}$)	Expostos	Mortalidade absoluta	Mortalidade (%)
DMSO 2% + Água destilada	100	0	0,00 ^s
250,00	100	98	98,00 ^b
300,00	100	100	100,00 ^b
350,00	100	100	100,00 ^b
400,00	100	100	100,00 ^b
450,00	100	100	100,00 ^b
500,00	100	100	100,00 ^b

Legenda: Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração dos autores.

4. Discussão

A composição química do óleo essencial de *C. winterianus* obtida neste estudo, com os monoterpenos citronelal (50.6%), geraniol (16.5%) e citranelol (12.2%), caracteriza um quimiotipo citronelal dominante. Este perfil está de acordo com o padrão International Standard (ISO 3848:2016) para óleo de Java, que estabelece citronelal 31–40% como marcador de qualidade industrial (24), e alinha-se aos relatos da Índia 29.1-55.4% (25,26) e Líbano 32.6% (6).

Contudo, difere de quimiotipos geraniol dominantes descritos no Nepal (geraniol 28.8-37.1%; citronelal 11.8-13.7%) (4,5) e no Nordeste do Brasil (geraniol 28.6-42.1%; citronelal 17.3-23.6%) (7,27), bem como do quimiotipo sesquiterpeno elemol 29.5% reportado para amostras do Vietnã (8). Essa variabilidade quimiotípica é amplamente atribuída a fatores edafoclimáticos, como temperatura, radiação solar, altitude e disponibilidade hídrica, que possivelmente levam a interconversões dinâmicas entre os constituintes dos óleos essenciais, o que pode ser devido as reações de redução, oxidação, desidratação e hidratação, isomerização e ciclização (28-30).

Os terpenos oxigenados citronelal, geraniol e citranelol são reconhecidos como os principais responsáveis pelos efeitos inseticidas e larvicidas do óleo essencial de citronela (31), o que é reforçado por estudos de acoplamento molecular que demonstraram um potencial larvicida aumentado devido à lipofilicidade favorável e à interação com alvos neuronais em larvas de mosquitos *A. aegypti* (32). Nesse contexto, a predominância desses monoterpenos bioativos reforça que a eficácia biológica do óleo essencial de citronela neste estudo, possa estar diretamente relacionada à ação sinérgica de seus compostos majoritários, os quais atuam parcial ou total sobre diferentes alvos fisiológicos do sistema nervoso central dos artrópodes (a enzima

acetilcolinesterase, canais iônicos (receptores GABA), receptores octopaminérgicos) (9,10).

Estudos prévios realizados no Sul do Brasil avaliaram isoladamente as atividades biológicas desses compostos monoterpênicos. Em teleóginas de *Rhipicephalus microplus* (carrapato-do-boi), observou-se efeito significativamente superior ($p < 0,05$) do citronelal e do geraniol em comparação ao citronelol, evidenciando atividade larvicida e acaricida, com controle das teleóginas por meio da inibição da postura e redução da eclodibilidade dos ovos (33). De forma semelhante, elevada mortalidade de *Toxoptera citricida* (pulgão-preto dos citros) foi observada utilizando óleo essencial de citronela e o composto isolado citronelal nas concentrações de 0.05-1%, alcançando 100% de mortalidade na maior concentração testada, confirmando o papel desse monoterpreno como um dos principais responsáveis pela atividade inseticida (34).

Da Silva et al. (2) avaliaram o efeito da Citronela (*C. winterianus*) sobre larvas de terceiro estágio de *A. aegypti* nas concentrações de 0.00625-0.05% (62.5-500 $\mu\text{g mL}^{-1}$) reportaram valores de CL_{50} e CL_{90} de 120 $\mu\text{g mL}^{-1}$ e 300 $\mu\text{g mL}^{-1}$, respectivamente. Esses resultados diferem dos obtidos no presente estudo, no qual foram encontrados valores de CL_{50} de 152.7 $\mu\text{g mL}^{-1}$ e CL_{90} de 221.1 $\mu\text{g mL}^{-1}$. O maior o valor de CL_{50} encontrado neste estudo, indica menor toxicidade na concentração mediana, enquanto o menor valor de CL_{90} sugere maior eficiência do óleo essencial nas concentrações mais elevadas para obtenção da mortalidade total das larvas de *A. aegypti*. Como já relatadas por diferentes autores, essas variações podem estar associadas a diferenças na composição química do óleo, método de extração, origem botânica do material vegetal e condições experimentais adotadas (35,36).

Em estudo similar a este, realizado por Aguirre et al. (37) em concentrações de 0.019-5.0%, detectaram CL_{99} de 368 $\mu\text{g mL}^{-1}$, o que sugere CL_{90} superior ao obtido no presente trabalho. Esse resultado reforça a variabilidade observada entre os estudos, em consonância

com o anteriormente discutido, sugerindo que diferenças na composição química do óleo essencial podem influenciar diretamente a toxicidade larvícida (38).

No teste confirmatório, o óleo essencial de *C. winterianus* apresentou elevada atividade larvícida em todas as concentrações avaliadas, com mortalidade entre 98% e 100%, sem diferenças significativas entre si, indicando que a menor concentração testada já foi suficiente para atingir o efeito máximo, sugerindo alta eficácia do óleo essencial mesmo em doses reduzidas e que as concentrações utilizadas já estavam acima da faixa necessária para discriminar diferenças de toxicidade, reforçando o elevado potencial larvícida do óleo essencial, corroborando com o ensaio preliminar, no qual se observou aumento progressivo da mortalidade com a elevação das concentrações, indicando forte relação dose-resposta. Tal comportamento é típico de compostos com forte ação larvícida, nos quais a resposta biológica atinge rapidamente o máximo efeito após determinado limiar de concentração (39).

Na literatura, resultados semelhantes foram descritos em estudos com óleo essencial de *C. winterianus*, nos quais mortalidade próxima a 100% foi observada em concentrações superiores a $200 \mu\text{g mL}^{-1}$, demonstrando alta suscetibilidade das larvas de *Aedes aegypti* muito provavelmente associada aos monoterpenos majoritários presentes na citronela, demonstrando a ação neurotóxica de compostos como citronelal, geraniol e citronelol, que atuam sinergicamente sobre alvos fisiológicos do sistema nervoso dos insetos (38,40,41).

Na enzima acetilcolinesterase (AChE) age inibindo a ação desta, que é uma das enzimas mais importantes das junções neuromusculares, sendo responsável pela coordenação motora, respiração e alimentação dos insetos, causando hiperexcitação e morte (10,40). Quanto aos canais iônicos a sua regulação sofre alteração após a modulação dos receptores GABA (Ácido Gama-aminobutírico), mais especificamente o GABA-A, aumentando a entrada do íon Cl^- no neurônio, causando paralisia e morte do inseto (10). Compostos monoterpênicos presentes no

óleo essencial de citronela podem atuar como agonistas dos receptores de octopamina em insetos, promovendo alterações nos níveis intracelulares de cAMP (monofosfato de adenosina cíclico) e Ca^{2+} , e consequente desregulação da transmissão neuronal, culminando em efeitos neurotóxicos, paralisia e morte (10).

Além disso, o efeito sinérgico dos constituintes do óleo essencial provavelmente aumenta sua atividade larvicida (42,43,44). Scalerandi et al. (45) propuseram um modo interessante para os efeitos sinérgicos usando o modelo metabólico. Eles mostraram que, enquanto o componente majoritário da mistura é alvo do sistema de desintoxicação do inseto, o componente minoritário o intoxica. Como resultado, o componente minoritário será mais tóxico do que quando testado isoladamente, uma vez que o sistema de desintoxicação do inseto combate o componente principal.

Os resultados deste trabalho, muito provavelmente sustentam o potencial do óleo essencial como alternativa natural promissora para estratégias sustentáveis de controle de insetos-praga, contribuindo para a redução do uso de pesticidas sintéticos e alinhando-se aos princípios de saúde única e manejo ambientalmente seguro, uma vez que a toxicidade dos óleos essenciais pode estar relacionada, principalmente, à sua capacidade de interferir em processos neurofisiológicos, incluindo a síntese e a sinalização de neurotransmissores, a modulação de canais iônicos, a interação com receptores de membrana e a atuação sobre enzimas e proteínas envolvidas na transdução de sinais, além de afetar o armazenamento, a liberação e a recaptação desses mediadores químicos (10,31).

Entre janeiro e maio de 2024, o Brasil registrou números recordes de dengue, influenciados pelo fenômeno El Niño, que elevou temperaturas e favoreceu a proliferação do *A. aegypti* (46). Foram contabilizados 6.563.561 casos, com 6.321 óbitos confirmados e 341 em investigação (47). Em 2025 1.643.215 casos foram registrados, com 1.855 óbitos

confirmados e 45 em investigação (47). Esse cenário reforça a necessidade de estratégias sustentáveis de controle do vetor. Nesse contexto, pesquisas com plantas medicinais, como a citronela (*C. winterianus*), ganham relevância. Seus compostos bioativos apresentam potencial para controle ecológico, com maior seletividade e menor toxicidade ambiental em comparação aos inseticidas químicos convencionais (31).

O uso de óleos essenciais de plantas medicinais é estratégico na perspectiva da saúde única por atuar simultaneamente na saúde humana, animal e ambiental. Compostos por bioativos como os terpenos, fenóis e aldeídos, apresentam atividades antibacteriana, antifúngica, antiviral, inseticida e larvicida, atuando por múltiplos mecanismos distintos dos antimicrobianos e pesticidas sintéticos. Além do potencial contra patógenos e vetores de importância médica, destacam-se por serem biodegradáveis, renováveis e compatíveis com estratégias sustentáveis de prevenção e controle (48,49).

5. Conclusão

Os resultados obtidos neste estudo demonstraram o potencial inseticida do óleo essencial de *Cymbopogon winterianus* frente ao *Aedes aegypti*. A análise química revelou um quimiotipo citronelal dominante. Os compostos de maior predominância citronelal, geraniol e citronelol são reconhecidos pela literatura mundial por sua ação sobre mecanismos fisiológicos e neurológicos dos insetos. Os valores de CL₅₀ e CL₉₀ encontrados nos bioensaios corroboram a efetividade do óleo e sua capacidade de promover elevada mortalidade larval. Embora as condições edafoclimáticas possam interferir na composição dos óleos essenciais, o perfil químico observado apresentou concordância com dados descritos na literatura.

Sob a perspectiva da Saúde Única, a utilização de bioinsumos para o controle de vetores de arboviroses favorece a proteção integrada da saúde humana, animal e ambiental, auxiliando

na prevenção de doenças de relevância sanitária. Além disso, os achados estão alinhados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, especialmente aos ODS 3, ODS 9, ODS 12 e ODS, ao promoverem soluções inovadoras, sustentáveis e ambientalmente responsáveis para o manejo de vetores. Contudo, são necessários estudos adicionais para validar sua eficácia e aplicabilidade em condições de campo, visando o desenvolvimento de tecnologias escalonáveis para programas de vigilância e controle de arboviroses.

Agradecimentos

Agradecemos à UNIPAR, ao COAPES pela concessão da bolsa de estudo, ao CNPq (CP 09/2023) e a Secretaria Municipal de Saúde, principalmente aos profissionais da rede de atenção primária em saúde que colaboraram para o desenvolvimento desta pesquisa.

Referências

1. D.A. De Souza, P.R.B. Gomes, R.D. Souza, V.E.M. Filho, C.N. Mouchrek, G.O. Everton, N.R. De Almeida and J.P. De Araújo, *Composição química e atividade larvicida de óleos essenciais de Citrus aurantifolia (Christm.) Swingle bark contra larvas de Aedes aegypti*. Revista Virtual de Química, 15(4), 722-727 (2023). DOI:10.21577/1984-6835.20230008
2. T.I. Da Silva, A.C.L. Alves, T.M. Dos Santos, W.S. Alves, J.S. Silva and F.R. Azevedo, *Efeito larvicida de óleo essencial de Cymbopogon winterianus Jowitt sobre larvas de Aedes aegypti L. (Diptera: Culicidae)*. Revista Cultivando o Saber, 10(1), 122-130 (2017).
3. K. N. F. Gomes, F.P. Machado, E.M. Mota, A.C.R. Da Silva, M.G. Xavier, J.T.C Menezes, A.F. Do Valle, L.L. Da Silva, B.F. Leite, L. Rocha and R.X. Faria, *Potential of Essential Oils from Cymbopogon winterianus Jowitt: Promising Evaluation for the Control of*

Mollusks and Embryos of Biomphalaria glabrata and Schistosoma mansoni Cercariae.

Pharmaceuticals, 29(4), 318 (2025). DOI: 10.3390/ph1803031

4. S. Dangol, D.K. Poudel, P.K. Ojha, S. Maharjan, A. Poudel, R. Satyal, A. Rokaya, S. Timsina, N.S. Dosoky, P. Satyal and W.N. Setzer, *Essential Oil Composition Analysis of Cymbopogon Species from Eastern Nepal by GC-MS and Chiral GC-MS, and Antimicrobial Activity of Some Major Compounds.* Molecules, 28, 1-12, 543 (2023). DOI: 10.3390/molecules28020543
5. D. Shrestha, P. Sharma, A. Pandey, K. Dhakal, R.P. Baral and A. Adhikari, *Chemical Characterization, Antioxidant and Antibacterial Activity of Essential Oil of Cymbopogon winterianus Jowitt (Citronella) from Western Nepal.* Current Biotechnology, 11(1), 86-91 (2022). DOI: 10.2174/2211550111666220405133558
6. M. Rammal, A. Badran, C. Haidar, A. Sabbah, M. Bechelany, M. Awada, K.H. Hassan, M. El-Dakdouki and M.T. Raad, *Cymbopogon winterianus (Java Citronella Plant): A Multi-Faceted Approach for Food Preservation, Insecticidal Effects, and Bread Application.* Foods, 13(5), 803 (2024). DOI: 10.3390/foods13050803
7. A.V. Costa, B.R. Almeida, L.V. Gonçalves, K.B. Crico, M.D.C. Ignacchiti, O.S.P. Junior, P.F. Pinheiro and V.T. Queiroz, *Efeito moluscicida do óleo essencial de Cymbopogon winterianus Jowitt (Poaceae) sobre Lymnaea columella (Say, 1817) e Biomphalaria tenagophila (D'Orbigny, 1835).* Revista Brasileira de Plantas Medicinais, 17(4), 707-712 (2015). DOI: 10.1590/1983-084X/14_017
8. H.D. Manh, D.T. Hue, N.T.T. Hieu, D.T.T. Tuyen and O.T. Tuyet, *The Mosquito Larvicidal Activity of Essential Oils from Cymbopogon and Eucalyptus Species in Vietnam.* Insects, 17(2), 128 (2020). DOI: 10.3390/insects11020128

9. S. Subramanya, K. Sumanth, P.K. Gupta, V. Chayapathy, E. Keshamma and K. Murugan, *Essential oils and their bioactive compounds for insect pest control*. Elsevier, 165-176 (2022). DOI: 10.1016/B978-0-323-89846-1.00002-4
10. M. Jankowska, J. Rogalska, J. Wyszowska and M. Stankiewicz, *Molecular Targets for Components of Essential Oils in the Insect Nervous System—A Review*. *Molecules*, 23(1), 34 (2018). DOI: 10.3390/molecules23010034
11. T. C. R. Mesquita, A.P. Rosa and A.C. Borges, *Mudanças Climáticas e seu Impacto na Incidência de Arboviroses: uma revisão sistemática de estudos recentes*. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14(6), 3361-3377 (2021). DOI: 10.26848/rbgf.v14.6.p3361-3377
12. R.A. Azevedo, P.L. Nobre, A.C. Tavares, D.A.M. Silva, G.B. Mainieri, D.A.S.P. Ferreira, M.G. Costa and A.F.M. Oliveira, *A influência das mudanças climáticas e a dengue no Brasil*. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 27(119), 7 (2023). DOI: 10.5281/zenodo.7656538
13. A.C.M. Ribeiro, A.G.O. Dos Santos, B.L. Saraiva, L.S. Petrole, D.G. Leite and D.R. Malheiro, *Condições Socioambientais relacionadas à Permanência da Dengue no Brasil-2020*. *Revista Saúde e Meio Ambiente*, 11(2), 326-340 (2020).
14. Fundação Oswaldo Cruz Website. <https://fiocruz.br/video/modulo-5-estrategias-de-controle-do-vetor#:~:text=No%20Brasil%2C%20este%20uso%20foi,racional%22%2C%20a%20pesquisadora%20afirma> (17 February 2026).
15. F.M.E. Esser, G.P. Dos Santos, F.O.D. Silva, E.F. Mattiuzzi, L.M. Queiroz and J.C.F. Besson, *Dengue no Brasil: revisão da carga epidemiológica, impacto hospitalar e implicações econômicas*. *Brazilian Journal of Health Review*, v. 8, n. 5, e82736, 2025. DOI: 10.34119/bjhrv8n5-195.

16. A. Laserna, J. Barahona-Correa, L. Baquero, C. Castañeda-Cardona and D. Rosselli, *Economic impact of dengue fever in Latin America and the Caribbean: a systematic review*. Revista Panamericana de Salud Pública, v. 42, e111 (2018). DOI: 10.26633/RPSP.2018.111.
17. A. S. S. Dutra, R.F.F. Dutra, R. Sobral, C.M.S. Dutra, D.R.C. Ferrão, K. Oliveira, B.V.S. Pessoa, G.L.M.M. Costa, E.P. Parente and S.G. Souza, *Efetividade dos óleos essenciais no controle do Aedes aegypti: Uma perspectiva promissora na supressão do mosquito*. Revista ft: Ciências da Saúde, 27(129), 983 (2023). DOI: 10.5281/zenodo.10462217
18. A. Santos, R.H. Paduan, Z.C. Gazin, E. Jacomassi, P.S. De Oliveira, D.A.G. Cortez and L.E.R. Cortez, *Determinação do rendimento e atividade antimicrobiana do óleo essencial de Cymbopogon citratus (DC.) Stapf em função de sazonalidade e consorciamento*. Revista Brasileira de Farmacognosia, 19, 436-441 (2009). DOI: 10.1590/S0102-695X2009000300017
19. M.T.R. Oliveira. *Secagem e qualidade do óleo essencial de Pectis brevipedunculata (Gardner) Sch. Bip.* Dr. Thesys, Universidade Estadual, Norte Fluminense Darcy Ribeiro (2011).
20. R.P. Adams, *Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry*, 4th ed. Allured Pub. Corp, Carol Stream, IL, USA (2017).
21. H. Pistori, *LARVIC. Monitoramento da Criação e Bioensaios com Larvas de Aedes aegypti L. e Artemia salina L. utilizando Visão Computacional*. M.Sc. Master's Thesis, Universidade, Católica Dom Bosco (2009).
22. C.A. Anjos, E.B. Sartor, K.A. Fladzinski, F.C.M. Betim, C.F. Oliveira, L. Dalarmi, D.P. Montrucchio, O.G. Miguel, J.F.G. Dias and M.D. Miguel, *Atividade larvicida contra Aedes aegypti e toxicidade preliminar contra Artemia salina L. de extratos e frações de*

- Monteverdia evonymoides* (Reissek) Biral. Arquivo de Ciências da Saúde da Unipar, 27(9), 4962-4974 (2023). DOI: 0.25110/arqsaude.v27i9.2023-005
23. World Health Organization (WHO). 2005. *Guidelines for laboratory and field testing of mosquito larvicides*. WHO/CDS/WHOPES/GCDPP/2005.13. Geneva: World Health Organization. 41 p.
 24. International Organization for Standardization (ISO). 2016. ISO 3848:2016. *Oil of citronella, Java type [Cymbopogon winterianus Jowitt]*. Geneva: ISO. 8 p.
 25. R.S. Verma, S.K. Verma, S. Tandon, R.C. Padalia and M.P. Darokar, *Chemical composition and antimicrobial activity of Java citronella (Cymbopogon winterianus Jowitt ex Bor) essential oil extracted by different methods*. Journal of Essential Oil Research, 32(5), 449-455. DOI:10.1080/10412905.2020.1787885
 26. A. Singh and A. Kumar, *Cultivation of citronella (Cymbopogon winterianus) and evaluation of its essential oil, yield and chemical composition in Kannauj region*. International Journal of Biotechnology and Biochemistry, 13(2), 139-146 (2017).
 27. P.S. Pereira, C.V.B. Oliveira, A.J. Maia, M.C. Vega-Gomez, M. Rolón, C. Coronel, A.E. Duarte, H.D.M. Coutinho, A. Siyadatpanah, R. Norouzi, S.J.S. Sadati, P. Wilairatana and T.G. Silva, *Evaluation of the In Vitro Antiparasitic Effect of the Essential Oil of Cymbopogon winterianus and Its Chemical Composition Analysis*. Molecules, 27(9), 2753 (2022). DOI: 10.3390/molecules27092753
 28. K. A. S. Braga, H.G. Castro, V.L.S. Teixeira, L.C.A. Barbosa and A.J. Demuner, *Influência das condições de cultivo sobre a produção de óleo essencial do capim citronela (Cymbopogon nardus)*. Brazilian Journal of Health and Pharmacy, 2(1), 49-59 (2020). DOI: 10.29327/226760.2.1-5

29. P.M.R. Leão, L.C. Neves, A.A.M. Filho, D.A. Schurt, S.R. Roberto, P.R.R. Rocha and E.A. Moura, *Tratamentos pré e pós-colheita visando à produção de metabólitos secundários no óleo essencial obtido a partir das folhas de Cymbopogon nardus*. Científica, 51, 1-17 (2023). DOI: 10.15361/1984-5529.2023.v.51.1405
30. I.C.P. Souza, R.C.C. Pinheiro and J.N. Cruz, *Atividade antimicrobiana do óleo essencial de Cymbopogon nardus (citronela): uma revisão da literatura*. Revista ft, 29(140), 411 (2024). DOI: 10.69849/revistaft/ra10202411300621
31. S.A. Koijam, A.Devaraja, C.S.V. Babu, R.Yallappa, *Cymbopogon essencial oil as biopesticides: Potencial and challenges*. Bioresource Technology Report, 32, 102371 (2025). DOI: 10.1016/j.biteb.2025.102371
32. A.U. Cruz-Castillo, L.M. Rodríguez-Valdez, J. Correa-Basurto, B. Noguera-Torres, S. Andrade-Ochoa and G.V. Nevárez-Moorillón, *Terpenic Constituents of Essential Oils with Larvicidal Activity against Aedes Aegypti: A QSAR and Docking Molecular Study*. Molecules, 28(6), 2454 (2023). DOI: 10.3390/molecules28062454
33. R. M. Martins, *Estudo in vitro da ação acaricida do óleo essencial da gramínea Citronela de Java (Cymbopogon winterianus Jowitt) no carrapato Boophilus microplus*. Revista Brasileira de Plantas Medicinais, 8(2), 71-78 (2006).
34. M.F.S. Junior, M.V.S.L Mélo, L.S.A Melo, D.J. Silva, A.B. Silva and R.C.P. Trindade, *Toxicidade do óleo essencial de citronela e do composto citronelal sobre Toxoptera citricida (Kirkaldy, 1907) (Hemiptera: Aphididae)*. Revista Ciência Agrícola, 23, 1-9, (2025). DOI: 10.28998/rca.23.17735
35. T.P. Cruz, F.R. Alves, R.F. Mendonça, A.V. Costa, W.C.J. Junior, P.F. Pinheiro and A.K. Martins, *Atividade fungicida do óleo essencial de Cymbopogon winterianus Jowit (citronela)*

- contra Fusarium solani*. Bioscience Journal, 31(1), 1-8 (2015). DOI: 10.14393/BJ-v31n1a2015-22346
36. P.S. Pereira, C.V.B. Oliveira, A.J. Maia, M.C. Vega-Gomez, M. Rolón, C. Coronel, A.E. Duarte, H.D.M. Coutinho, A. Siyadatpanah, R. Norouzi, S.J.S. Sadati, P. Wilairatana and T.G. Silva, *Evaluation of the In Vitro Antiparasitic Effect of the Essential Oil of Cymbopogon winterianus and Its Chemical Composition Analysis*. Molecules, 27(9), 2753 (2022). DOI: 10.3390/molecules27092753
37. J.M.T. Aguirre, L.G. Pessanha, J.A. Mendonça, R.E.L. E Silva, S.A. Rodrigues and Z.C. Gazim, Ensaio com óleo essencial de citronela no combate ao Aedes aegypti. Paper No. 1.1.8.16, IX Congresso Internacional de Ciência, Tecnologia e Inovação e XXIV Encontro Anual de Iniciação Científica UNIPAR, Umuarama, Brazil (2025).
38. G.M. Costa, M.C.C. Santos, G.O. Everton, P.C.D. Sousa and M.E.S.R. Mail, *Physicochemical properties, toxicity and larvicidal activity of the essential oil of Cymbopogon winterianus in front of Aedes Aegypti*. Ciência e Natura, 42(39), 1-17 (2020). DOI: 10.5902/2179460X4404
39. R.L. Cansian, A. Staudta, J.L. Bernardia, B.M.S. Putona, D. Oliveirac, J.V. Oliveirac, A.C.C. Gomesb, B.C.O.P. Andradeb, I.C.R. Lealb, N.K.Simasb, J.Zenia, A. Junguesa, R.M. Dallagoa, G.T. Backesa and N. Paroula, *Toxicity and larvicidal activity on Aedes aegypti of citronella essential oil submitted to enzymatic esterification*. Brazilian Journal of Biology, 83, 1-5 (2023). DOI: 10.1590/1519-6984.244647
40. D. Iqbal, M.S. Khan, M. Waiz, M.T. Rehman, M. Alaidarous, A. Jamal, A.S. Alothaim, M.F. Alajmi, B.M. Alshehri, S. Banawas, M. Alsaweed, Y. Madkhali, A. Algarni, S.A. Alsagaby and W.Alturaiki, *Exploring the Binding Pattern of Geraniol with Acetylcholinesterase through In Silico Docking, Molecular Dynamics Simulation, and In*

- Vitro Enzyme Inhibition Kinetics Studies*. Cells, 10(12), 3533 (2021). DOI: 10.3390/cells10123533
41. R.S. Rattam, *Mechanism of Action of Insecticidal Secondary Metabolites of Plant Origin*. Crop Protection, 29(9), 913-920 (2010). DOI: 10.1016/j.cropro.2010.05.008.
42. S.R. Dhinakaran, N. Mathew and S. Munusamy, *Synergistic Terpene Combinations as Larvicides against the Dengue Vector Aedes aegypti Linn*. Drug Development Research, 80(6), 791-799 (2019). DOI: 10.1002/ddr.21560.
43. M. Osanloo, M.M. Sedaghat, F. Esmaeili and A. Amani, *Larvicidal Activity of Essential Oil of Syzygium aromaticum (Clove) in Comparison with Its Major Constituent, Eugenol, against Anopheles stephensi*. Journal of Arthropod-Borne Diseases, 12, 361-369 (2018). DOI: 10.18502/jad.v12i4.354.
44. L.A. Hummelbrunner and M.B. Isman, *Acute, Sublethal, Antifeedant, and Synergistic Effects of Monoterpenoid Essential Oil Compounds on the Tobacco Cutworm, Spodoptera litura (Lep., Noctuidae)*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49(2), 715-720 (2001). DOI: 10.1021/jf000749t.
45. E. Scalerandi, G.A. Flores, M. Palacio, M.T. Defagó, M.C. Carpinella, G. Valladares, A. Bertoni and S.M. Palacios, *Understanding Synergistic Toxicity of Terpenes as Insecticides: Contribution of Metabolic Detoxification in Musca domestica*. Frontiers in Plant Science, 30(9), 1579 (2018). DOI: 10.3389/fpls.2018.01579.
46. L.A.P.O. Silva, Avaliação da atividade repelente de derivados de octenol e ácido láctico contra fêmeas do mosquito Aedes (Stegomyia) aegypti (Linnaeus, 1762) (Diptera: Culicidae). M.Sc. Master's Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA (2024).

47. Ministério da Saúde Website. <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/a/aedes-aegypti/monitoramento-das-arboviroses> (24 March 2026).
48. S. Tariq, S. Wani, W. Rasool, K. Shafi, M.A. Bhat, A. Prabhakar , A.H. Shalla and M.A. Rather, *A comprehensive review of the antibacterial, antifungal and antiviral potential of essential oils and their chemical constituents against drug-resistant microbial pathogens*. Microbial Pathogenesis, 134, 103580 (2019). DOI: 10.1016/j.micpath.2019.103580
49. M.K. Swamy, M.S. Akhtar and U.R. Sinniah, *Antimicrobial properties of plant essential oils against human pathogens and their mode of action: an updated review*. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 3012462 (2016). DOI: 10.1155/2016/3012462

3. CONCLUSÃO

O presente estudo evidenciou o elevado potencial inseticida do óleo essencial de *Cymbopogon winterianus* no controle de *Aedes aegypti*, a partir da integração entre análises químicas e bioensaios laboratoriais. A caracterização química revelou a predominância de monoterpenos bioativos, especialmente citronelal, geraniol e citronelol, associados à atividade neurotóxica em insetos. Nos bioensaios larvicidas, observou-se clara relação dose–resposta, com valores de CL₅₀ e CL₉₀ que confirmam a eficácia do óleo essencial e elevada mortalidade larval mesmo em baixas concentrações. Apesar da influência de fatores edafoclimáticos na composição química, os resultados mostraram-se compatíveis com a literatura, reforçando a citronela como alternativa promissora para o manejo vetorial. Assim, o óleo essencial demonstrou potencial como bioinseticida sustentável, contribuindo para o avanço do controle de arboviroses e incentivando a realização de estudos futuros voltados à otimização de formulações e validação em condições de campo.

4. APÊNDICES – Cartilha educativa: Alternativas sustentáveis para o controle do *Aedes aegypti*: Protegendo a Saúde e o Meio Ambiente.

Alternativas sustentáveis para o controle do *Aedes aegypti*

Protegendo a Saúde e o Meio Ambiente



Autores: Wesley Henrique Secundi
Ma. Kariny Aparecida Jardim Rubio
Ma. Jacqueline Midori Ono
Dra. Francieli Gesleine Capote Bonato
Me. Jorge Fernandes de Azevedo
Me. Henrique Susumu Tanaka
Vitor Yukio Takahashi
Heloiza de Oliveira Marchi
Prof. Dr. Odair Alberton
Profa. Dra. Lidiane Nunes Barbosa
Profa. Dra. Daniela Dib Gonçalves

Umuarama - 2026

Diretoria Executiva
Artur Nappo Dalla

Comunicação Corporativa
Chirliana Rodrigues

Marketing e Inteligência de Mercado
Hilton Torres

Coordenação de Extensão Acadêmica
Profa. Dra. Ana Carolina Soares Fraga Zaze

Organizadores
Wesley Henrique Secundi
Ma. Kariny Aparecida Jardim Rubio
Ma. Jacqueline Midori Ono
Dra. Francieli Gesleine Capote Bonato
Me. Jorge Fernandes de Azevedo
Me. Henrique Susumu Tanaka
Vitor Yukio Takahashi
Heloiza de Oliveira Marchi
Prof. Dr. Odair Alberton
Profa. Dra. Lidianes Nunes Barbosa
Profa. Dra. Daniela Dib Gonçalves

Comissão Científica
Wesley Henrique Secundi
Prof. Dra. Daniela Dib Gonçalves
Prof. Dr. Odair Alberton

Ficha Catalográfica

Aedes aegypti

Introdução

O *Aedes aegypti* é um mosquito doméstico que vive dentro ou próximo das residências. É a principal espécie transmissora da dengue, zika e chikungunya, e está associado à febre amarela urbana.



Características gerais



Possui marcações brancas nas pernas e no dorso.



A fêmea tem hábito preferencialmente diurno e se alimenta de sangue para a maturação dos ovos.



Seus ovos podem ser depositados em recipientes com água parada.



No Brasil, atualmente, a febre amarela ocorre no ciclo silvestre.

Doenças relacionadas



Dengue



Zika



Chikungunya



Febre amarela



A prevenção começa com a eliminação de criadouros.

Aedes aegypti

Ciclo



Conhecer o ciclo de vida do *Aedes aegypti* é essencial para entender como o mosquito se desenvolve e como podemos interromper sua reprodução.



O ciclo abrange: Ovo, Larva, Pupa e Adulto.



O ciclo completo ocorre entre 7 e 10 dias em condições ambientais adequadas (Fiocruz, 2019).

Aedes aegypti

Métodos de Controle

Os métodos de controle do *Aedes aegypti* abrangem ações mecânicas, biológicas e químicas. A combinação dessas estratégias contribui para reduzir a população do mosquito e prevenir doenças.



1 Mecânico



Baseia-se na eliminação de criadouros, como recipientes que acumulam água parada, além da limpeza e vedação de reservatórios.

2 Biológico



Utiliza organismos ou agentes biológicos para combater o mosquito, principalmente na fase aquática.

3 Químico



Envolve o uso de larvicidas e inseticidas, de forma complementar e quando indicado pelas ações de controle.



A participação da comunidade é fundamental!

Pequenas atitudes no dia a dia, como verificar quintais e orientar vizinhos, fazem grande diferença no sucesso do controle do *Aedes aegypti*.



A regularidade das ações é indispensável!

Como o ciclo do mosquito é curto, os criadouros podem se formar rapidamente. Por isso, as inspeções e medidas de controle devem ser contínuas.

Aedes aegypti



Alternativas Sustentáveis para o Controle

O controle de *Aedes aegypti* tem incorporado progressivamente alternativas aos inseticidas neurotóxicos convencionais, devido à crescente resistência a piretroides e organofosforados observada em diversas populações do vetor (Belinato & Valle, 2015).

Na perspectiva da Saúde Única, deve-se priorizar estratégias capazes de reduzir a infestação do mosquito com menor impacto sobre a saúde humana, animal e ambiental (Who, 2012; Who, 2017).



Como alternativas aos inseticidas sintéticos podem ser utilizados diferentes métodos:

1



Controle Biológico

2



Reguladores de crescimento (IGRs)

3



Óleos essenciais de plantas medicinais

4



Nanoformulações

5



Integração de estratégias



Saúde, Ciência e Natureza
juntas no controle sustentável
do *Aedes aegypti*.

Informação é prevenção!
Elimine criadouros: não deixe
água parada. Pequenas ações
fazem uma grande diferença.



Aedes aegypti

Bioinseticidas



Uso de bioinseticidas obtidos a partir de microrganismos presentes no solo ou de vida livre. Como exemplos utilizados pelo Ministério da Saúde, destacam-se:

1 *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*



Durante sua esporulação, produz proteínas cristalinas (toxinas Cry e Cyt) que, quando ingeridas pelas larvas de mosquitos, causam destruição do epitélio intestinal, interrupção da alimentação e morte da larva.

2 *Spinosinas (spinosad)*



As spinosinas (A e D) são compostos naturais produzidos pela bactéria actinomiceta do solo *Saccharopolyspora spinosa*. Seu mecanismo de ação envolve principalmente a modulação dos receptores nicotínicos da acetilcolina, provocando hiperexcitação nervosa, paralisia e morte do inseto.



Bioinseticidas são alternativas biológicas importantes para o controle larvário do vetor.



Essas estratégias contribuem para um controle mais seguro e com menor impacto ambiental.

Aedes aegypti

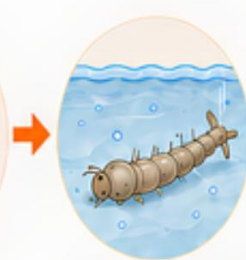
Reguladores de Crescimento



Larva saudável



Muda (ecdise)
comprometida



Morte da larva
antes da fase adulta

Seu mecanismo de ação consiste em impedir a formação adequada do exoesqueleto durante a muda (ecdise), fazendo com que as larvas morram antes de atingir a fase adulta.



O produto atual usado pelo Ministério da Saúde é o Diflubenzuron, pertence a classe química das Benzoilureias.

Não possui ação neurotóxica direta, diferentemente de:

- piretroides;
- organofosforados;
- carbamatos.



Embora seja sintético, é considerado uma alternativa mais seletiva e ambientalmente favorável em comparação aos inseticidas neurotóxicos convencionais.

Na saúde pública, é utilizado principalmente contra:

- larvas de mosquitos;
- simulídeos;
- outros insetos de importância sanitária.



Reguladores de crescimento são alternativas importantes para o controle larvário do vetor.



Essas estratégias contribuem para um controle mais seletivo e com menor impacto ambiental.

Aedes aegypti

Óleos Essenciais de Plantas Medicinais



Cymbopogon winterianus



Mentha spp.



Ocimum basilicum



Citrus spp.



Syzygium aromaticum

Óleos essenciais de espécies como *Cymbopogon winterianus*, *Citrus spp.*, *Mentha spp.*, *Ocimum basilicum* e *Syzygium aromaticum* apresentam atividade larvívica e repelente.

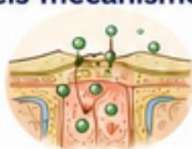


Seus efeitos estão associados à presença de compostos bioativos, como citronelal, limoneno, eugenol e outros compostos capazes de interferir em processos fisiológicos dos insetos.

Possíveis mecanismos de ação dos óleos essenciais



1 Compostos dos óleos essenciais entram em contato com a larva.



2 Podem interagir com estruturas e tecidos do inseto (cutícula, sistema nervoso, digestivo).



3 Podem provocar alterações na transmissão nervosa e em processos metabólicos.



4 Podem resultar em repelência, redução da sobrevivência ou morte larval.



Óleos Essenciais de Plantas Medicinais apresentam atividade larvívica e repelente.



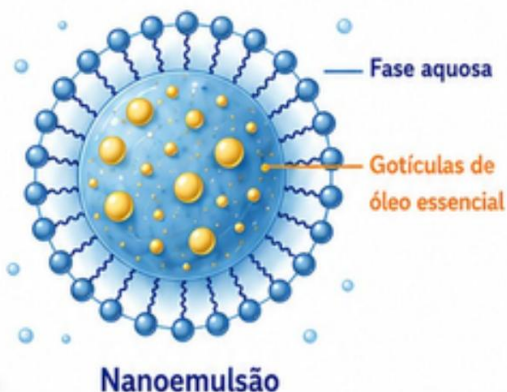
Seus compostos bioativos podem interferir em processos fisiológicos dos insetos.

Aedes aegypti

Nanoformulações



1 O que são nanoformulações?



A incorporação de óleos essenciais em nanoemulsões representa uma estratégia promissora para aumentar sua estabilidade, dispersão em água e persistência ambiental.

2 Principais benefícios das nanoformulações



Compostos naturais protegidos e transportados



Maior estabilidade



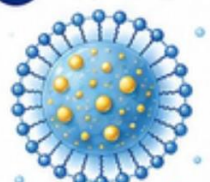
Dispersão em água



Persistência ambiental

Essas formulações podem aumentar a eficácia biológica dos compostos naturais e ampliar sua aplicação no controle vetorial.

3 Aplicação no controle vetorial



Nanoformulação à base de nanoemulsão



Contato com a larva do *Aedes aegypti*



Maior eficácia biológica / Ampliação da aplicação

No controle vetorial, essas formulações podem favorecer o contato com o alvo e melhorar o desempenho dos compostos naturais.



Nanoformulações podem aumentar a estabilidade e a eficácia biológica dos compostos naturais.



Essa estratégia pode ampliar a aplicação dos óleos essenciais no controle vetorial.

Aedes aegypti



Alternativas Sustentáveis Para o Controle

1 Manejo sustentável integrado



O manejo sustentável do *Aedes aegypti* baseia-se na integração de diferentes métodos, incluindo eliminação de criadouros, educação em saúde, uso racional de reguladores de crescimento e a potencial aplicação localizada de produtos de origem vegetal.

2 Como essa integração contribui



Retarda a evolução da resistência



Reduz impactos ambientais



Fortalece os princípios da Saúde Única

3 Abordagem integrada no controle vetorial



Essa abordagem contribui para retardar a evolução da resistência, reduzir impactos ambientais e fortalecer os princípios da Saúde Única.



A integração de métodos fortalece o manejo sustentável do *Aedes aegypti*.



Essa abordagem favorece um controle mais seguro, racional e ambientalmente responsável.

Bibliografia

- BELINATO, T. A.; VALLE, D. **The impact of selection with diflubenzuron, a chitin synthesis inhibitor, on the fitness of two Brazilian *Aedes aegypti* field populations.** PLOS ONE, v. 10, n. 6, e0130719, 2015.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigilância e controle do vetor.** Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2026.
- Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ. **Como é o ciclo de vida do '*Aedes aegypti*'?** Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2019.
- KOIJAM, A. S. et al. ***Cymbopogon* essential oils as biopesticides: Potential and challenges.** Bioresource Technology Reports, v. 32, e102371, 2025.
- LIMA, A. M.; CORRÊA, A. P. V.; UEHARA, S. C. S. A. **Influência dos indicadores socioeconômicos na distribuição dos casos suspeitos de dengue no município de São Carlos-SP.** Phisys – Revista de Saúde Coletiva, v. 34, p. 1-18, 2024.
- OLIVEIRA, Flávia do Socorro Oliveira de; SOUZA, Sâmilla Seomara Lima de. **Ocorrência do *Aedes aegypti* e *Aedes Albopictus* (Diptera, Culicidae) nos anos de 2013 a 2022 no Município de Capanema – PARÁ .** 2023. Monografia (Bacharel em Ciências Biológicas) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Capanema, 2023.
- SADANANDANE, C.; BOOPATHI DOSS, P. S.; JAMBULINGAM, P. **Efficacy of three formulations of diflubenzuron, an insect growth regulator, against *Culex quinquefasciatus* Say, the vector of *Bancroftian filariasis* in India.** Indian Journal of Medical Research, v. 136, n. 5, p. 783-791, 2012.
- SILVA, L. F. N. et al. **Targeting the vector of arboviruses *Aedes aegypti* with nanoemulsions based on essential oils: a review with focus on larvicidal and repellent properties.** Beilstein Journal of Nanotechnology, v. 16, p. 1894-1913, 2025.
- SUTTHANONT, N. et al. **Chemical composition and larvicidal activity of edible plant-derived essential oils against the pyrethroid-susceptible and -resistant strains of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae).** Journal of Vector Ecology, v. 35, n. 1, p. 106-115, 2010.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Handbook for integrated vector management.** Geneva: World Health Organization, 2012. 78 p.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Global vector control response 2017–2030.** Geneva: World Health Organization, 2017. 53 p.
- As imagens foram geradas por meio da ferramenta de inteligência artificial ChatGPT, desenvolvida pela OpenAI, e revisadas pelos autores.

Agradecimentos





www.unipar.br

ANEXO 1

NORMAS RESUMIDAS DO JOURNAL OF ESSENTIAL OIL RESEARCH (JOER)

Idioma: Inglês.

Formato do manuscrito:

- Fonte Times New Roman, tamanho 12.
- Espaçamento duplo.
- Margens de 2,5 cm. • Texto em uma coluna.

Estrutura:

- Título.
- Autores e afiliações.
- Abstract (150–250 palavras).
- Keywords.
- Introduction.
- Materials and Methods.
- Results and Discussion.
- Conclusion.
- Acknowledgements (opcional).
- References.

Tabelas e Figuras:

- Numeradas consecutivamente.
- Inseridas após a primeira citação no texto ou em páginas separadas.
- Tabelas em formato editável.

Referências:

- Sistema autor-ano.
- Inclusão obrigatória do DOI quando disponível.

Submissão:

- Sistema ScholarOne.
- Revisão por pares simples-cega (single anonymized peer review).

Fonte:

Journal of Essential Oil Research. Taylor & Francis.

<https://www.tandfonline.com/action/authorSubmission?show=instructions&journalCode=tjeo20>