



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - BACHARELADO

FILLIPE SANTOS BITU

**FOLHAS DE *Eugenia spp.* COMO FONTE DE ÓLEOS ESSENCIAIS COM
ATIVIDADE LARVICIDA SOBRE *Aedes aegypti***

FORTALEZA

2026

FILLIPE SANTOS BITU

FOLHAS DE *Eugenia spp.* COMO FONTE DE ÓLEOS ESSENCIAIS COM ATIVIDADE
LARVICIDA SOBRE *Aedes aegypti*

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Graduação em Ciências
Biológicas - Bacharelado do Centro de
Ciências da Universidade Federal do Ceará,
como requisito para a obtenção do grau de
bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Marina Duarte Pinto
Lobo.

FORTALEZA

2026

FILLIPE SANTOS BITU

FOLHAS DE *Eugenia spp.* COMO FONTE DE ÓLEOS ESSENCIAIS COM ATIVIDADE
LARVICIDA SOBRE *Aedes aegypti*

Aprovada em: 01/07/2026.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Marina Duarte Pinto Lobo
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Luiz Carlos Pereira Almeida Filho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Mirella Leite Pereira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

IN MEMORIAM: Aos meus avós, João Bitu e Luzineth Bitu, que faleceram durante a pandemia. Ao meu bisavô, Inácio Risomar, que faleceu ano passado. E, principalmente, a minha avó Rita de Cássia, que cuidou e me formou até, infelizmente, os dez anos de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a oportunidade de estudar e vivenciar essa jornada na Universidade Federal do Ceará, em especial ao Departamento de Biologia e ao Laboratório de Bioprospecção de Produtos Regionais, por todo o carinho e compreensão que demonstraram a mim enquanto estive por lá.

Agradeço com todo carinho à professora Marina Lobo por me ajudar e ser tão compreensiva durante a escrita deste trabalho. Além disso, agradeço imensamente do fundo do meu coração ao meu supervisor, Dr. Luiz Carlos, que por mais que eu tenha cometido erros cômicos, sempre esteve lá para me orientar com paciência, me fazendo lembrar como se eu estivesse do lado de um membro da minha família, ao invés de um orientador distante.

Aos meus pais, Luis e Priscilla, que ajudaram a formar a pessoa esperançosa que sou hoje, mesmo quando adoeci durante a escrita deste trabalho, me lembraram como ainda sou uma criança amada aos seus olhos. Ao meu avô e avó, Airton e Marilene, que ajudaram a tornar minha vida mais feliz ao cuidarem de mim desde pequeno até hoje. A minha tia, Patrícia, que “formou” meu caráter e personalidade ao seu bem entender, agradeço-a por ter me introduzido desde cedo aos melhores *hobbies* que possuo hoje, ler e RPG, que sem eles, não seria a pessoa que sou hoje e não teria as pessoas que tenho ao meu lado atualmente.

À minha namorada, Fernanda Oliveira, que permaneceu ao meu lado durante toda a minha vida Universitária, participando dos melhores momentos desse período, se tornando um marco e um raio de alegria para mim. Amor não é apenas sobre o que sentimos, mas também sobre proteger e ajudar quando seu parceiro estiver vulnerável, eu espero ter feito isso para você, meu amor, pois você sempre esteve fazendo isso por mim, mesmo quando não estava vulnerável.

Agradeço aos meus amigos e grupo de RPG, Mateus Chagas, Ana Maria, Leonardo Araújo, Anthony Lívio e Tomas Lomônaco por todas as piadas, fofocas e dados rolados. Sem vocês, esse período teria sido desnecessariamente sério e tedioso.

Por fim, a minha gata, Caneca, por ser meu apoio emocional mesmo sendo o motivo de tantas noites mal dormidas e cicatrizes de guerra.

“It will get better. Then it will get worse again. Then better. So it is life, though I will not lie by saying every day will be sunshine. But there will be sunshine again, and that is a very different thing to say. That is the truth: you will be warm again.” - Frase adaptada de Ritmo da Guerra - Brandon Sanderson.

RESUMO

Vetor de várias doenças distintas, o inseto *Aedes aegypti* é uma espécie invasora no Brasil oriunda do continente africano, sendo um problema para a saúde pública por conta de seu ciclo de vida curto e sua capacidade para se adaptar a inseticidas químicos no decorrer das gerações. Como alternativa, existe o controle a partir de bioinseticidas de óleos essenciais (OE), compostos oriundos de plantas, que, além de serem biodegradáveis, são estruturas complexas que dificultam a adaptação das larvas em contato. Da família Myrtaceae, o gênero *Eugenia* é conhecido pela sua produção de óleos essenciais com atividade larvicida, por isso o presente trabalho possui como objetivo analisar a eficácia dos OE das espécies *Eugenia azeda* e *Eugenia luschnathiana* em relação à *Eugenia uniflora*, conhecida por sua alta letalidade larval. Para essa finalidade, a metodologia empregada foi a coleta das plantas na Universidade Federal do Ceará, Campus Pici, Fortaleza e em Aquiraz, no estado do Ceará, extraindo os óleos essenciais por destilação com arraste de vapor de água em um aparelho tipo *Clevenger*. Como resultados, destaca-se que a Concentração Letal 50% de *E. uniflora* de $12,602 \pm 1,783$ µg/mL (24 h) e $8,5075 \pm 0,528$ µg/mL (48 h) e *E. azeda* de $27,13467 \pm 1,322$ µg/mL (24 h) e $17,46333 \pm 1,508$ µg/mL (48 h) foram estatisticamente idênticas durante esses períodos de exposição, mas ambas foram inferiores à *E. luschnathiana* que apresentou concentrações de $60,93233 \pm 6,093$ µg/mL (24 h) e $35,17367 \pm 6,583$ µg/mL (48 h). Em relação a Concentração Letal 90%, durante o período de 24 horas, a espécie mais letal foi a *E. uniflora* ($23,92 \pm 1,015$ µg/mL), enquanto as outras espécies não se diferenciam estatisticamente entre si. No entanto, durante o período de 48 horas, a *E. azeda* ($35,098 \pm 2,596$ µg/mL) foi estatisticamente igual a *E. uniflora* ($20,824 \pm 3,164$ µg/mL) enquanto *E. luschnathiana* ($57,03267 \pm 3,280$ µg/mL) apresentou maiores valores para a mesma atividade. Por fim, esse trabalho chega à conclusão que os óleos essenciais de folhas de Myrtaceae constituem boa fonte de compostos larvicidas contra *Ae. aegypti*, merecendo destaque o óleo de *E. uniflora* que apresentou elevada atividade em baixa concentração. Reforça-se também a contribuição desse trabalho para o desenvolvimento de métodos alternativos ao combate desse inseto vetor.

Palavras-chave: Óleos essenciais; Bioinseticidas; Larvas.

ABSTRACT

As a vector for several distinct diseases, the *Aedes aegypti* mosquito is an invasive species in Brazil that originated on the African continent, it poses a public health problem due to its short life cycle and its ability to adapt to chemical insecticides over successive generations. As an alternative, control can be achieved using bioinsecticides made from essential oils (EO's), compounds derived from plants, which, in addition to being biodegradable, are complex structures that make it difficult for the larvae to adapt when exposed to them. Belonging to the Myrtaceae family, the genus *Eugenia* is known for producing essential oils with larvicidal activity; therefore, the objective of this study is to analyze the efficacy of essential oils from the species *Eugenia azeda* and *Eugenia luschnathiana* compared to *Eugenia uniflora*, which is known for its high larval lethality. To this end, the methodology employed involved collecting plants at the Federal University of Ceará, Pici Campus, in Fortaleza and in Aquiraz, in the state of Ceará, and extracting the essential oils by steam distillation using a *Clevenger*-type apparatus. The results show that the 50% lethal concentration (LC₅₀) of *E. uniflora* (12.602 ± 1.783 µg/mL, and 8.5075 ± 0.528 µg/mL, at 48 hours) and *E. azeda* ($27,13467 \pm 1,322$ µg/mL over 24 hours, and $17,46333 \pm 1,508$ µg/mL over 48 hours) were statistically identical during the 24- and 48-hour exposure periods, but both were higher than those of *E. luschnathiana* ($60,93233 \pm 6,093$ µg/mL over 24 hours, and $35,17367 \pm 6,583$ µg/mL over 48 hours). Regarding the 90% Lethal Concentration (LC₉₀) over the 24-hour period, the most lethal species was *E. uniflora* ($23,92 \pm 1,015$ µg/mL), while the other species did not differ statistically from one another. However, over the 48-hour period, *E. azeda* ($35,098 \pm 2,596$ µg/mL) showed increased lethality, becoming statistically equivalent to *E. uniflora* ($20,824 \pm 3,164$ µg/mL) while *E. luschnathiana* ($57,03267 \pm 3,280$ µg/mL) remained lower in terms of lethality. Finally, this study concludes that the most lethal essential oil for the larvae is that of *E. uniflora*, followed by *E. azeda*, with *E. luschnathiana* being the least lethal.

Keywords: Essentials oils; Bioinsecticides; Larvae.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Ciclo de vida e estágios de desenvolvimento do mosquito *Aedes aegypti*.
- Figura 2 - Terpenos conhecidos presentes em óleos essenciais.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Concentrações letais médias de 50% (CL50) e de 90% (CL90) de óleos essenciais de espécies de *Eugenia* sobre larvas de *Ae. aegypti* após 24 e 48 horas de exposição.

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 - Concentração letal média de 50% (CL50) de óleos essenciais de espécies de *Eugenia* sobre larvas de *Ae. aegypti* nos intervalos de 24 e 48 horas de exposição.
- Gráfico 2 - Concentração letal média de 90% (CL90) de óleos essenciais de espécies de *Eugenia* sobre larvas de *Ae. aegypti* nos intervalos de 24 e 48 horas de exposição.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Etc	Et cetera
h	Hora
OE	Óleo essencial
DMSO	Dimetil Sulfóxido
NUVEST	Núcleo de Controle de Endemias Transmissíveis por Vetores da
/SESA	Secretaria de Saúde do Estado do Ceará
UFC	Universidade Federal do Ceará
CL50	Concentração Letal de 50%
CL90	Concentração Letal de 90%

LISTA DE SÍMBOLOS

“”	Aspas
:	Dois pontos
;	Ponto e vírgula
()	Parêntesis
%	Porcentagem
º	Indicador ordinal
g	Gramma
mg	Miligramma
µg	Microgramma
mL	Mililitros

SUMÁRIO

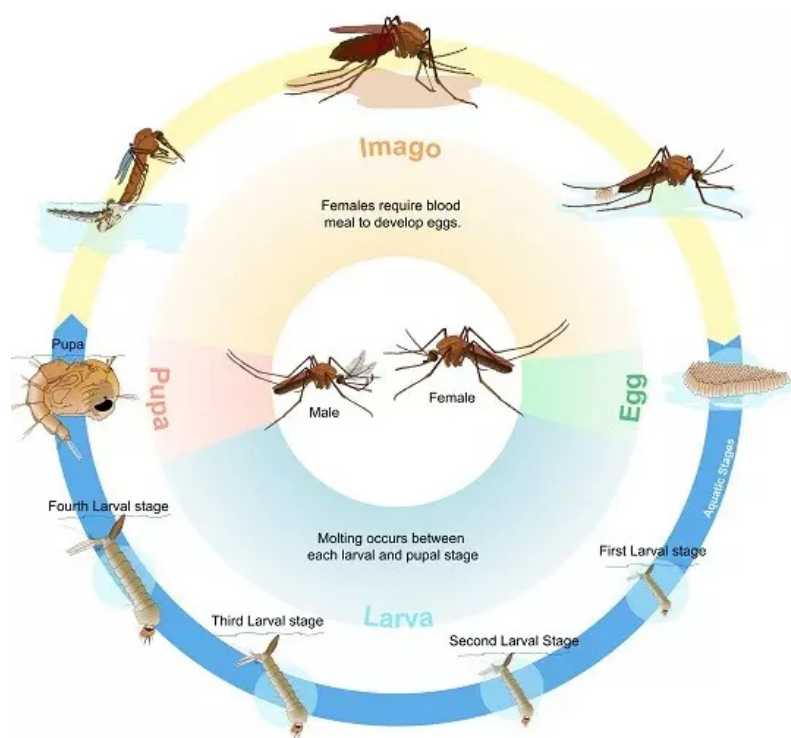
1.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
1.1	<i>Aedes aegypti</i>.....	14
1.1.2	<i>Impacto do vetor</i>.....	15
1.2	Formas de controle.....	15
1.3	Óleos essenciais.....	16
1.4	Gênero <i>Eugenia</i>.....	18
2.	OBJETIVOS.....	20
2.1	Objetivo geral.....	20
2.2	Objetivos específicos.....	20
3.	METODOLOGIA.....	21
3.1	Espécies vegetais.....	21
3.2	Obtenção dos óleos essenciais das plantas.....	21
3.3	Rendimento das espécies vegetais por gravimetria.....	21
3.4	Preparo das soluções para os ensaios de toxicidade.....	21
3.5	Obtenção e manutenção das larvas de <i>Aedes aegypti</i>.....	22
3.6	Ensaio larvicida.....	22
3.7	Análises estatísticas.....	22
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
5.	CONCLUSÃO.....	28
	REFERÊNCIAS.....	29

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 *Aedes aegypti*

Natural do continente africano, o mosquito *Aedes aegypti* foi introduzido no Brasil durante o período de escravidão, tornando-se uma espécie invasora sem controle pelo ambiente favorável para sua reprodução e ausência de predadores naturais, sendo raramente encontrados fora de ambientes urbanizados (Lima, 2021; Zara, 2016). O ciclo evolutivo do inseto compreende fases aquáticas e terrestres, apresentando metamorfose completa (holometabolismo) (Beserra *et al.*, 2009) (Figura 1).

Figura 1 - Ciclo de vida e estágios de desenvolvimento do mosquito *Aedes aegypti*.



Fonte: Biogents AG (2026).

Esses insetos possuem um sistema olfativo extremamente eficiente para a localização e identificação do odor humano, conseguindo distinguir compostos odoríferos entre animais e humanos, o que facilita a aquisição sanguínea das fêmeas (Hill; Kohli; Younger, 2026). Como um inseto urbano, estes insetos, ao visitarem

ambientes domiciliares, convivem no mesmo habitat dos seus hospedeiros, além de também estarem próximos a ambientes propícios para sua reprodução (Abreu, 2010).

1.1.2 Impacto do vetor

Além de ser um inseto invasor, o mosquito também é um vetor de diversas doenças, como as arboviroses dengue, *chikungunya* e *zika* (Brasil, 2025). A infecção se dá quando a fêmea do mosquito se alimenta do sangue de uma pessoa infectada (WHO, 2025) e transmite o vírus a partir da picada para a pessoa não contaminada. No caso da dengue, em específico, a pessoa contaminada pelo vírus pode apresentar como sintomas febre aguda, dores de cabeça, mialgia, artralgia e exantema (Waterman, 1989).

O custo hospitalar nacional para tratamento de dengue foi em torno de 374 milhões de reais em 2016, mas em 2020 para 2024 houve um crescimento evidente dos custos hospitalares em 104 milhões de reais, tendo o ano de 2024 como o ano com maior acréscimo ao custo hospitalar de R\$60.921.057,05 (Miranda *et al*, 2025; Teichi; Arinelli; Fahham, 2017). Por outro lado, o número de casos de dengue em 2024 foi cerca de 6 milhões, 6 mil prováveis casos de *zika*, e 263 mil prováveis casos de *chikungunya* (Brasil, 2024). Tendo isso em vista, é de interesse nacional o controle do vetor dessas doenças.

1.2 Formas de controle

Existem diversas maneiras de controle ao *Ae. aegypti*, tais como controle mecânico, químico e biológico. O controle mecânico prioriza atividades como proteção, destruição e/ou a destinação adequada dos criadouros (Brasil, 2009). O controle químico consiste no uso de neurotoxinas em larvas e insetos adultos, porém é necessário cuidado extremo para não gerar resistência na população de vetores da região (Zara, 2016). O controle biológico envolve, por exemplo, o uso de predadores como peixes e invertebrados aquáticos para reduzir o tamanho da população larval (Shulze; SemLitsch; Trauth, 2013).

Em relação aos inseticidas químicos, quando usados em um longo período de tempo e direcionado às várias fases de vida do inseto, este acaba provocando uma seleção da população que é passada para as próximas gerações. Tal fato foi observado por agentes da saúde em 1998 (Valle; Pimenta; Cunha, 2015). Em relação às formas de

controle biológico, os bioinseticidas se apresentam como uma alternativa para os inseticidas químicos. São menos tóxicos ao ambiente e possuem aplicações precisas, matando apenas certas espécies de insetos, inclusive, podendo agir apenas em etapas de desenvolvimento específicas, a depender do bioinseticida, assim evitando afetar negativamente a saúde humana e o ecossistema ao redor (Bravo *et al.*, 2011).

Um exemplo para bioinseticidas é a utilização da bactéria *Bacillus thuringiensis*, por exemplo, responsável por produzir inclusões cristalinas codificadas pelo gene *cry*, tóxicas quando ingeridas por insetos-praga (Costa, 2010). Além disso, inibidores de proteases, produzidos por diversas famílias de plantas (Caricaceae, Solanaceae, Euphorbiaceae e Fabaceae) são capazes de interagir com diferentes enzimas digestivas do inseto, prejudicando a digestão de proteínas importantes para o desenvolvimento (Tabosa, 2016).

Nesse cenário, os óleos essenciais (OE) também surgem como uma alternativa proeminente no combate a vetores. Além de constituírem uma ferramenta ecologicamente amigável, a complexidade química dos OE dificulta o desenvolvimento de resistência por parte dos insetos, superando os efeitos e larvicidas industriais (Isman, 2000; Pavela, 2015).

1.3 Óleos essenciais

Óleos essenciais podem ser definidos como misturas complexas de componentes voláteis à semi-voláteis, normalmente com odor acentuado, solúveis em solventes orgânicos, insolúveis em água e incolor na maioria das vezes (Zuzarte *et al.*, 2015). Sua obtenção se dá principalmente a partir do material vegetal seco submetido aos processos de destilação a vapor ou seca (Hanif *et al.*, 2019).

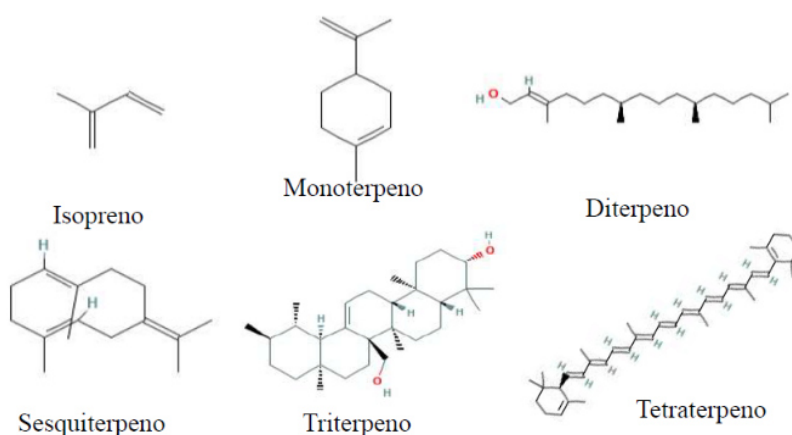
Os óleos essenciais eram originalmente utilizados por certas espécies de plantas como defesas químicas contra insetos para garantir sua sobrevivência (Jyotsna *et al.*, 2024). Porém, seu uso é muito amplo, podendo ser implementado em diversas áreas como agentes na medicina (Ramsey *et al.*, 2020) até como no controle de pragas na agricultura (Ootani *et al.*, 2013).

Diversas espécies de plantas, vindas de diferentes regiões do planeta, podem ser usadas para extrair OE, como na Grécia (Proestos *et al.*, 2013) ou até mesmo no sul do Brasil (Pansera *et al.*, 2021). Esses óleos essenciais são extraídos de diversas partes da

planta como folhas, casca (fruta e madeira), flores, sementes, e ainda resinas ou rizoma (Hanif *et al.*, 2019), como dito antes, a partir da destilação a vapor ou seca.

A composição dos óleos essenciais pode apresentar mais de 400 substâncias químicas em uma única amostra, isso considerando a precisão dos equipamentos para tal análise (De Goot; Schmidt, 2016). Entretanto, é conhecido que sua mistura é formada majoritariamente por terpenos, hidrocarbonetos com unidades de isoprenos (Figura 2) (Silveira, 2023). Apesar de apresentarem variações, indivíduos da mesma espécie possuem compostos similares em seus OE, mas sua produção e características dependem do período de extração (indivíduo jovem ou área recém-regenerada, por exemplo), do órgão da planta e do clima durante o período de obtenção do óleo (Ben Miri, 2025).

Figura 2 - Terpenos conhecidos presentes em óleos essenciais.



Fonte: Silveira (2023).

Os compostos encontrados nos óleos essenciais são diversos, variando entre ésteres, cetonas, álcoois terpênicos, aldeídos, compostos fenólicos, éteres fenólicos e éteres fenólicos metílicos (Ben Miri, 2025). Ainda existem outras classes mais abrangentes como monoterpenos monocíclicos (De Goot; Schmidt, 2016), mas sua composição, como dito antes, vai variar grandemente entre indivíduos de espécies diferentes. Na família Myrtaceae, inclusive, pode ser comum encontrar em algumas espécies monoterpenos, monoterpenos oxigenados, algumas podem até mesmo ter altas

concentrações de metil-eugenol, que garante volatilidade característica nos seus óleos essenciais (Silva, 2010).

Dentre as aplicações dos OE, existem ações antifúngicas, atividade antimicrobiana geral, atividades inseticidas, dentre outras (Pansera *et al.*, 2021; Hennia *et al.*, 2019). Em específico, as atividades larvicidas e o potencial para o combate a vetores de doenças como o *Ae. aegypti*, 60% de 261 óleos, 269 espécies de plantas diferentes são consideradas como ativo para esse uso ($LC_{50} < 100$ mg/L) (Dias; Matos; Alencar, 2013). Dentre essas espécies vegetais, a família Myrtaceae possui grande potencial para extração e uso de seus OE larvicidas de vetores (Park *et al.*, 2011). Dentro desse grupo, o gênero *Eugenia* destaca-se pela grande diversidade de metabólitos bioativos que possibilitam a identificação de novos compostos com expressiva atividade larvicida (Silva *et al.*, 2023).

1.4 Gênero *Eugenia*

A família Myrtaceae é subdividida em duas subfamílias, a Myrtoideae e a Leptospermoideae, com apenas os representantes da Myrtoideae sendo nativos no Brasil (Limberger *et al.*, 2004). Dentro dessa subfamília, o gênero *Eugenia*, sendo um dos maiores representantes da família, consiste em aproximadamente 500 espécies diferentes, onde 400 se encontram no Brasil (Fiuza *et al.*, 2008).

Podendo ser pequenas árvores ou arbustos, o gênero *Eugenia* se caracteriza pelas suas inflorescências axilares; flores raramente tríades, solitárias ou fasciculadas. Suas folhas são opostas e pecioladas, além de possuir ramos glabros ou pubescentes quando mais jovens. Os estames estão em múltiplos verticilos diferentes em um amplo disco de seu estame. As flores são tetrâmeras, com botões comumente turbinados com sépalas mais arredondadas, que são esparsamente pubescentes, pétalas mais ou menos orbiculares, pontilhadas por glândulas e com margens ciliadas. Os ovários são biloculares, com um número grande de óvulos, que irradiam de uma placenta axilar localizada centralmente. Seus estiletes são aproximadamente do mesmo comprimento que seus estames, às vezes podendo ser um pouco mais alongado, seus estigmas não são dilatados. Os seus frutos são bagas tenras e suas sépalas são persistentes (Costa *et al.*, 2020).

Dentre o gênero *Eugenia*, a espécie *Eugenia uniflora* é conhecida por possuir folhas ricas em OE com diversas atividades biológicas, como atividade antifúngica,

antimicrobiana, antioxidantes e larvicidas (Silva, 2023). O potencial dos óleos essenciais desse gênero de planta para o controle populacional do *Ae. aegypti* é comparável ao uso de endossulfan, um pesticida potente, mas capaz de causar dano prolongado em plantas e animais por ser não biodegradável. Além de ser perigoso para humanos, por causar falhas renais e danos ao sistema nervoso se exposto com frequência (Famuyiwa; Adebajo, 2012).

A espécie *Eugenia uniflora* é entendida como a planta com mais registros sobre a composição química dos seus óleos essenciais (Silveira, 2021). Por causa desse conhecimento, suas folhas podem ser usadas para extrair OE, por serem ricas nestes compostos, com promissoras atividades larvicidas (Carla *et al.*, 2023). A expressiva ação contra o *Aedes aegypti* (atingindo uma mortalidade de 50% das larvas com apenas 35,9 mg/L) é atribuída à presença majoritária de metabólitos da classe dos sesquiterpenos, especialmente a selina-1,3,7(11)-trien-8-ona e a oxidoselina-1,3,7(11)-trien-8-ona (Silva *et al.*, 2023).

Enquanto isso, espécies como a *Eugenia azeda* e a *Eugenia luschnathiana* (conhecidas popularmente como ubaia-azedo e pitomba-da-Bahia, respectivamente), possuem poucas referências na literatura sobre a eficácia de seus óleos essenciais como larvicidas, mas apresentam alguns dados a respeito de seus perfis fitoquímicos. Os OE de *E. azeda* é quase totalmente composto por sesquiterpenos (94,68%) e compartilha os exatos mesmos compostos majoritários da *E. uniflora* (Silveira, 2023).

Já os OE de *E. luschnathiana* são caracterizados pela ausência de monoterpenos e pela alta concentração de espatulenol, cerca de 22%, e óxido de cariofileno, 17 a 20% (Monteiro *et al.*, 2016). Embora estudos recentes foquem nas atividades biológicas de outras espécies do gênero *Eugenia*, o fato de fazerem parte de um gênero rico em OE e compartilharem metabólitos de comprovada ação larvicida as tornam essenciais para a investigação e análise do seu potencial como novos agentes larvicidas, especialmente contra vetores de doenças humanas, como o *Ae. aegypti*.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar o potencial larvicida de óleos essenciais extraídos de folhas de três espécies distintas do gênero *Eugenia* (*E. uniflora*, *E. azeda* e *E. luschnathiana*).

2.2 Objetivos específicos

- Extrair óleos essenciais a partir de folhas das espécies *E. uniflora*, *E. azeda* e *E. luschnathiana*;
- Avaliar a atividade larvicida contra *Ae. aegypti* dos óleos essenciais extraídos;
- Comparar a eficácia da atividade larvicida contra *Ae. aegypti* dos óleos essenciais extraídos de *E. azeda* e *E. luschnathiana* em relação à *E. uniflora*.

3. METODOLOGIA

3.1 Espécies vegetais

Duas das três espécies do estudo foram coletadas no município de Fortaleza, na Universidade Federal do Ceará, Campus Pici, Fortaleza - Ceará (3° 44' 30.8" S e 38° 33' 46.0" W), sendo elas as *E. azeda* e *E. uniflora*, enquanto a *E. luschnathiana* foi coletada em Aquiraz, no estado do Ceará (3° 55' 21" S e 38° 19' 40" W). As folhas extraídas foram devidamente identificadas e armazenadas no herbário Prisco Bezerra, Departamento de Biologia - UFC.

3.2 Obtenção dos óleos essenciais das espécies vegetais

Os óleos foram extraídos por destilação com arraste de vapor de água em um aparelho tipo *Clevenger* (Craveiro; Matos; Alencar, 1976). A extração foi feita a partir da trituração de 100 gramas de folha com um pouco de água destilada para facilitar a inserção do material no balão usado junto do aparelho tipo *Clevenger*. No entanto, não foi possível especificar a quantidade de água utilizada pelo volume que as folhas possuem, variando o quanto de água foi usada para cada extração.

3.3 Rendimento das espécies vegetais por gravimetria

Primeiro foi realizada a coleta das folhas de cada espécie vegetal, pesadas 100 gramas do material, limpa e, depois, foi secada à temperatura ambiente. Em seguida, as folhas foram trituradas e colocadas com água dentro do balão volumétrico para o uso do aparelho tipo *Clevenger*. Quando extraído, o óleo foi coletado por uma pipeta e guardado em um microtubo para a Gravimetria separar a água do óleo.

Inicialmente, microtubos de 1,5 ml foram previamente tarados em balança analítica, registrando-se a massa individual de cada tubo vazio e, em seguida, os tubos foram preenchidos com as amostras de óleo extraído e novamente pesados, obtendo-se a massa total. As amostras foram então submetidas a centrifugação a 10.000 x g por 6 minutos, em temperatura controlada em 21 °C, visando a separação de fases. Após a centrifugação, os microtubos foram novamente pesados e a massa líquida referente à

fração do óleo essencial foi calculada pela diferença entre a massa do tubo pós-centrifugação e a massa do tubo vazio.

Posteriormente, as frações de óleo essencial obtidas foram desidratadas com sulfato de sódio anidro (Na_2SO_4) na proporção de 0,2 g do sal para 1 ml de óleo essencial, para remoção da umidade residual, seguidas de nova centrifugação por 10 minutos. As amostras desidratadas foram então transferidas em conjunto para novos tubos previamente tarados para cálculo do rendimento percentual por meio da divisão do valor da massa (g) do óleo desidratado pela massa do material vegetal, e multiplicando o resultado por 100.

3.4 Preparo das soluções para os ensaios de toxicidade

Foi preparada uma solução inicial a partir da pesagem do óleo aproximadamente 10 µg, adicionados 2% de DMSO (Dimetil Sulfóxido) para um volume total de 250 mL com água destilada. A partir disso, foi feita uma diluição seriada para obtenção das soluções com as seguintes concentrações de OE, 250 µg/mL, 125 µg/mL, 62 µg/mL, 31 µg/mL, 16 µg/mL e 8 µg/mL. Além disso, para controle da atividade, também foi preparada uma solução de mesmo volume contendo apenas água destilada e outra com água destilada adicionada de 2% de DMSO.

3.5 Obtenção e manutenção das larvas de *Aedes aegypti*

Os ovos foram obtidos de uma colônia de *Ae. aegypti* mantida no NUVET/SESA (Núcleo de Controle de Endemias Transmissíveis por Vetores da Secretaria de Saúde do Estado do Ceará) e transportados para o Laboratório de Bioprospecção de Recursos Regionais, Departamento de Biologia - UFC. Após a eclosão das larvas, elas foram mantidas nas condições de umidade a 70 - 80%, na temperatura entre 27 a 30 °C e no fotoperíodo 12 horas claro e 12 horas escuro, sendo alimentados diariamente com ração para tartaruga (Reptolife, Alcon, Camboriú, Brasil), atingirem o estágio três de desenvolvimento.

3.6 Ensaio larvicida

O ensaio larvicida foi realizado conforme a metodologia descrita pela WHO (2018), com algumas modificações. As larvas foram contadas e separadas em tubos de

ensaio em grupos de dez, em triplicata para cada diluição, com o auxílio de uma pipeta de *Pasteur*. Em seguida, o excesso de água foi retirado com auxílio de uma pipeta de vidro, e posteriormente as soluções nas concentrações 250 µg/mL, 125 µg/mL, 62 µg/mL, 31 µg/mL e 16 µg/mL foram adicionadas, seguindo a ordem das concentrações mais baixas para as mais altas. Pela efetividade dos óleos essenciais da espécie *Eugenia uniflora*, foi necessário adicionar uma solução na concentração 8 µg/mL. Os dados obtidos, então, foram analisados a partir do índice de sobrevivência (Probit), para a obtenção da Concentração Letal de 50% (CL50) e da Concentração Letal de 90% (CL90).

3.7 Análises estatísticas

As análises estatísticas dos dados foram realizadas utilizando ANOVA, seguida do teste de Student-Newman-Keuls ou Tukey, para comparação múltipla, quando apropriado, com valores de $p < 0,05$ e $p < 0,01$, com auxílio do programa GraphPrism.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados apresentados na Tabela 1 foram obtidos após exposição das larvas de *Ae. aegypti*, em estágio três de desenvolvimento, aos OE das espécies *Eugenia azeda*, *Eugenia luschnathiana* e *Eugenia uniflora*, no período de 24 horas e 48 horas. De modo geral, observou-se que a letalidade dos OE de todas as espécies testadas neste trabalho variam entre si, influenciado pela espécie botânica e tempo de exposição das larvas ao óleo essencial. A CL50 e CL90 do óleo essencial extraído da planta *E. uniflora* durante exposição das larvas por 48 h não pôde ser calculada por conta da total letalidade das larvas, ocasionando a ausência de dados suficientes para cálculos comparativos. Não foi observado mortalidade das larvas nas soluções contendo apenas água destilada e água destilada com DMSO 2%.

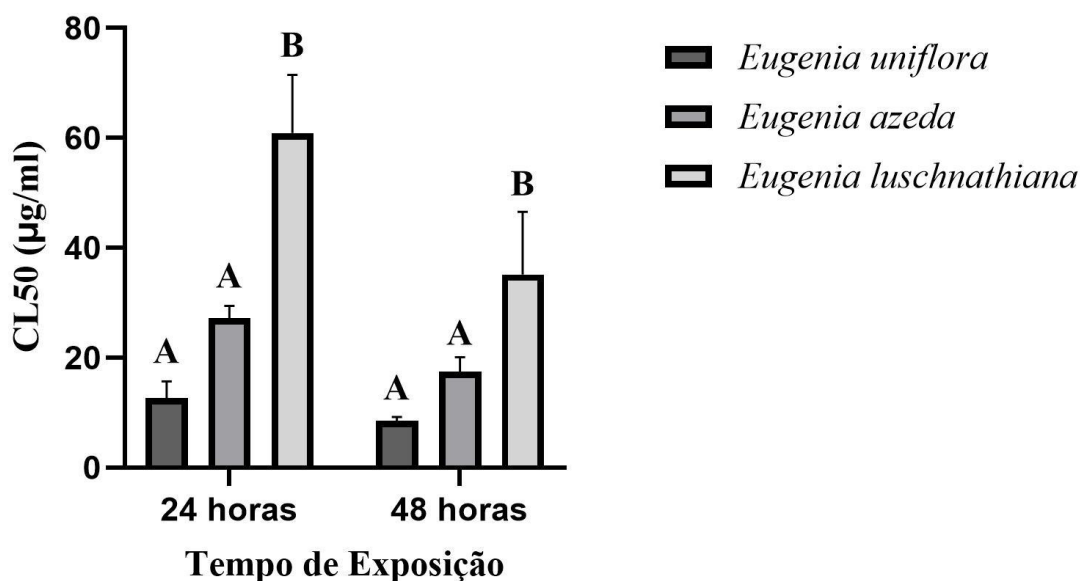
Tabela 1 - Concentrações letais médias de 50% (CL50) e de 90% (CL90) de óleos essenciais de espécies de *Eugenia* sobre larvas de *Ae. aegypti* após 24 e 48 horas de exposição. Os valores são expressos como a média de um triplicata independente $\pm$ erro padrão da média

	Tempo e Concentração Letal			
	24 horas		48 horas	
Amostra	CL50 $\mu\text{g/mL}$	CL90 $\mu\text{g/mL}$	CL50 $\mu\text{g/mL}$	CL90 $\mu\text{g/mL}$
<i>E. azeda</i>	27,13467 $\pm 1,32235$	63,8967 $\pm 10,06181$	17,46333 $\pm 1,50847$	35,098 $\pm 2,59629$
<i>E. luschnathiana</i>	60,93233 $\pm 6,09359$	82,897 $\pm 5,42678$	35,17367 $\pm 6,58380$	57,03267 $\pm 3,28030$
<i>E. uniflora</i>	12,602 $\pm 1,78322$	23,92 $\pm 1,01577$	8,5075 $\pm 0,5285$	20,824 $\pm 3,164$

Fonte: elaborado pelo autor.

As análises de variância do ANOVA mostraram uma sucessibilidade significativa em relação à Concentração Letal 50% (CL50) das larvas e os OE das plantas analisadas ($p < 0,01$) (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Concentração letal média de 50% (CL50) de óleos essenciais de espécies de *Eugenia* para as larvas de *Ae. aegypti* nos intervalos de 24 e 48 horas de exposição. Letras diferentes sobre as colunas indicam diferença estatística significativa entre os grupos ($p < 0,05$) de acordo com o teste Anova seguido de Tukey



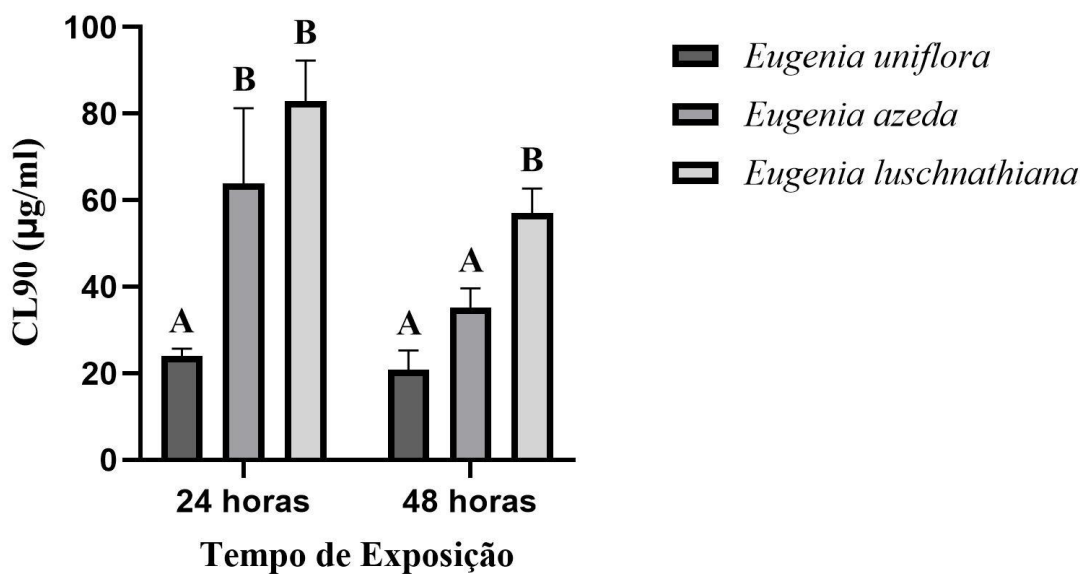
Fonte: elaborado pelo autor.

Os desdobramentos de médias revelados pelos testes de comparações múltiplas de Tukey demonstraram, durante as primeiras 24 horas, que os OE da *E. uniflora* ($CL_{50} = 12,602 \pm 1,783 \mu\text{g/mL}$) e os OE da *E. azeda* ($CL_{50} = 27,13467 \pm 1,322 \mu\text{g/mL}$), não apresentaram diferenças significativas entre si ($p < 0,05$), apontando que ambas são estatisticamente iguais em letalidade durante esse período inicial de exposição. No entanto, ambos os tratamentos de *E. uniflora* e *E. azeda* apresentaram diferenças significativamente superiores ($p < 0,001$) em relação aos OE de *E. luschnathiana*, o que significa que ambas possuem uma letalidade mais acentuada que a *E. luschnathiana*, que demonstrou uma letalidade expressivamente menor na mesma concentração ($CL_{50} = 60,93233 \pm 6,093 \mu\text{g/mL}$).

O mesmo padrão em relação à eficácia se repete no período de exposição de 48 horas, os tratamentos de *E. uniflora* ($CL_{50} = 8,5075 \pm 0,528 \mu\text{g/mL}$) e *E. azeda* ($CL_{50} = 17,46333 \pm 1,508 \mu\text{g/mL}$) não possuíram diferenças significativas entre si, sendo iguais estatisticamente ($p = 0,3657$), mas possuíram diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) ao tratamento menos potente de *E. luschnathiana* ($CL_{50} = 35,17367 \pm 6,583 \mu\text{g/mL}$).

Em relação à Concentração de Letalidade 90% (CL90), a análise em ANOVA também apresentou diferenças significativas entre si ($p < 0,05$) (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Concentração letal média de 90% (CL90) de óleos essenciais de espécies de *Eugenia* para larvas de *Ae. aegypti* nos intervalos de 24 e 48 horas de exposição. Letras diferentes sobre as colunas indicam diferença estatística significativa entre os grupos ($p < 0,05$) de acordo com o teste Anova seguido de Tukey.



Fonte: elaborado pelo autor.

Durante as primeiras 24 horas de exposição, as larvas demonstraram uma mortalidade de forma mais acentuada quando expostas a *E. uniflora*, sendo considerada a mais eficiente pela sua letalidade ($CL_{90} = 23,92 \pm 1,015 \mu\text{g/mL}$), diferindo de forma significativa superior ($p < 0,001$) dos OE de *E. azeda* ($CL_{90} = 63,8967 \pm 10,061 \mu\text{g/mL}$) e *E. luschnathiana* ($CL_{90} = 82,897 \pm 5,426 \mu\text{g/mL}$), com esses dois últimos tratamentos não apresentando diferenças significativas entre si ($p = 0,0644$).

No entanto, no período de exposição de 48 horas, os OE da *E. azeda* ($CL_{90} = 35,098 \pm 2,596 \mu\text{g/mL}$) aumentaram sua eficácia visivelmente, se igualando estatisticamente ($p = 0,2434$) ao de *E. uniflora* ($CL_{90} = 20,824 \pm 3,164 \mu\text{g/mL}$). Enquanto isso, ambos os tratamentos continuaram estatisticamente superiores ao tratamento de *E. luschnathiana* ($p < 0,05$) que permaneceu como o tratamento com menor potência relativa ($CL_{90} = 57,03267 \pm 3,280 \mu\text{g/mL}$).

A ação efetiva de *E. uniflora* apresenta a maior letalidade dentre as espécies estudadas, já que é prevista por outros estudos possuir ação embriotóxica capaz de inibir

a atividade larval, variando entre 40% a 100% (Leite *et al.*, 2009). Sua efetividade está relacionada provavelmente à presença de sesquiterpenos oxigenados combinada com o sinergismo entre si (Souza, 2018). Esses metabólitos podem atuar como neurotoxinas capazes de agir como inibidores de acetilcolinesterase, que interrompe a transmissão de impulsos nervosos, além de poderem agir como reguladores de crescimento, interrompendo o desenvolvimento larval (Pavela, 2015).

A família Myrtaceae, conhecida por ser uma família promissora, por conta de seus diversos compostos bioativos, para o desenvolvimento de larvicidas, possui diversas espécies com alta toxicidade larval, como alguns integrantes do gênero *Eucalyptus* e *Psidium* (Pavela, 2015). As espécies *Eucalyptus gunnii*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus dunnii* são alguns dos mais eficientes do gênero, com o 1,8-cineol aparecendo frequentemente nessas espécies (Bernardes *et al.*, 2016).

Dentro do gênero *Psidium*, as espécies *Psidium guajava* e *Psidium rotundatum* estão dentre as mais eficazes do gênero em relação a toxicidade de larvas, também possuindo o composto 1,8-cineol, um monoterpene neurotóxico larvicida, como o responsável pela letalidade dos OE. Esse composto é letal ao interferir nos sistemas vitais do funcionamento do nervo larval, penetrar as bicamadas lipídicas das membranas celulares e afetar os canais de cloreto dependentes de GABA (Bernardes *et al.*, 2016; Pavela, 2015).

Não há na literatura registros suficientes da composição metabólica dos OE de *E. luschnathiana* e *E. azeda*, apesar de pertencerem a uma família e gênero conhecidos pela sua produção já observada e estudada. No entanto, é válido analisar o potencial que essas plantas oferecem com seus OE ao compará-las com uma espécie vegetal do mesmo gênero conhecida por produzir OE com atividade larvicida eficaz.

No entanto, apesar da família Myrtaceae ser conhecida pela sua produção de OE capazes de agirem como larvicida, o rendimento das folhas de diversas espécies da família é conhecido por ser baixo, normalmente inferiores a 1% (Silveira *et al.*, 2021). As espécies *Psidium widgrenianum* (0,62%), *Psidium guajava* (entre 0,14% e 0,47%), *Syzygium cumini* (0,09%), *Eugenia involucrata* (0,08%) e *Eugenia brasiliensis* (0,07%) são alguns exemplos desse baixo rendimento levantados pela literatura (Ramos *et al.*, 2006; Santos, 2016).

Com base em Ramos *et al.* (2006), o rendimento da *Eugenia uniflora* varia por conta da idade de suas folhas, 0,65% quando adultas e 0,55% quando jovens. Como o presente trabalho não se restringe a idade das folhas, as idades do material variou

durante a coleta de todas as espécies, no que resultou em um rendimento de 1,41% para *E. azeda*, 2,31% para *E. uniflora*, e 2,13% para *E. luschnathiana*.

Segundo a literatura, a atividade larvicida não se deve apenas à existência de terpenos e fenilpropanóides na composição dos OE, e sim na sinergia entre os distintos componentes existentes na sua mistura (Bernardes *et al.*, 2016; Cassian *et al.*, 2015). Com isso, é compreendido que a variedade dos resultados da letalidade dos óleos se deve tanto ao estresse do indivíduo quanto à diferença dos compostos de cada espécie, apesar de sua semelhança por pertencerem ao mesmo gênero.

6. CONCLUSÃO

Os óleos essenciais das três espécies do gênero *Eugenia* foram extraídos com sucesso. A eficácia dos OE de *E. azeda* foi igualmente estatística ao de *E. uniflora* quando suas Concentrações Letais estavam em 50%, independente do período de exposição. Em relação à atividade larvívica, *E. luschnathiana* apresentou dados estatisticamente inferiores à *E. uniflora*, por necessitar de uma concentração maior para alcançar a concentração letal de 50%.

Com relação à concentração letal de 90%, os OE de *E. azeda* e *E. luschnathiana* não apresentaram diferenças entre si, mas apresentaram diferenças significativas com os OE de *E. uniflora* durante o período de exposição de 24 horas. Já em 48 horas, a *E. azeda* apresentou uma eficácia maior que período de exposição anterior, sendo igual estatisticamente a *E. uniflora* em comparação a *E. luschnathiana*, que permaneceu com os OE menos letal contra larvas de *Ae. aegypti* entre as três espécies analisadas. Além disso, os rendimentos analisados aqui indicam um potencial interessante para o uso de todas as espécies estudadas pela sua produção alta para os padrões da família Myrtaceae encontrados na literatura.

Pela falta de relatos sobre a composição metabólica dos óleos essenciais das espécies vegetais de *E. azeda* e *E. luschnathiana*, futuros estudos são recomendados em busca desses compostos para uma comparação mais precisa entre os metabólicos desses óleos com os metabólitos presentes em *E. uniflora*. Além disso, outros estudos podem ser realizados analisando se o estresse sazonal na planta possui influência na toxicidade larvívica de seus óleos essenciais.

REFERÊNCIAS

- ABREU, Filipe Vieira Santos de. Estudo do comportamento de "oviposição em saltos" por fêmeas de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) em diferentes densidades de criadouros e a influência da armadilha MosquiTRAP® na redução de ovos e criadouros positivos. 2010. *Dissertação (Mestrado em Parasitologia)* – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- BEN MIRI, Y. Essential oils: chemical composition and diverse biological activities: a comprehensive review. *Natural Product Communications*, v. 20, n. 1, 2025.
- BERNARDES, C. de O. *et al.* Importância dos óleos essenciais da família Myrtaceae e seus efeitos inseticidas: uma revisão de literatura. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 21.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 17.; ENCONTRO DE INICIAÇÃO À DOCÊNCIA, 7., 2017, São José dos Campos. *Anais [...]*. São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, p. 1-6, 2017.
- BESERRA, E. B. *et al.* Ciclo de vida de *Aedes* (Stegomyia) *aegypti* (Diptera, Culicidae) em águas com diferentes características. *Iheringia. Série Zoologia*, v. 99, n. 3, p. 281–285, 2009.
- BIOGENTS AG. *Ciclo de vida de mosquitos*. Diagrama de Mariana Ruiz Villarreal. Disponível em: <https://eu.biogents.com/ciclo-de-vida-de-mosquitos/?lang=es>.
- BRAGA, I. A.; VALLE, D. *Aedes aegypti: histórico do controle no Brasil*. Epidemiologia e Serviços de Saúde, Brasília, v. 16, n. 2, p. 113-118, 2007.
- BRASIL. Ministério da Saúde. *Aedes aegypti*. Brasília: Ministério da Saúde, 2025.
- BRASIL. Ministério da Saúde. *Diretrizes nacionais para a prevenção e controle de epidemias de dengue*. Brasília: Ministério da Saúde, 2009.
- BRASIL. Ministério da Saúde. *Plano de ação para redução da dengue e de outras arboviroses: período sazonal 2024/2025*. Brasília: Ministério da Saúde, 2024.
- BRAVO, A. *et al.* Bacillus thuringiensis: a story of a successful bioinsecticide. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, v. 41, n. 7, p. 423-431, 2011.
- CANSIAN, R. L. *et al.* Toxicity of clove essential oil and its ester eugenyl acetate against *Artemia salina*. *Brazilian Journal of Biology*, v. 77, n. 1, p. 155–161, 2017.
- CARLA, A. *et al.* Larvicidal activity, enzyme inhibitory effect, and molecular docking by essential oil, hydrolate, aqueous extract, and major compounds from the leaves of *Eugenia uniflora* against *Aedes aegypti*. *Industrial Crops and Products*, v. 204, p. 117380, 2023.
- COSTA, J. S. da *et al.* Essentials Oils from Brazilian *Eugenia* and *Syzygium* Species and Their Biological Activities. *Biomolecules*, v. 10, n. 8, art. 1155, 2020.

- COSTA, J. R. V. da *et al.* Atividade tóxica de isolados de *Bacillus thuringiensis* a larvas de *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae). *Neotropical Entomology*, v. 39, n. 5, p. 757-766, 2010.
- CRAVEIRO, A. A.; MATOS, F. J. A.; ALENCAR, J. W. A simple and inexpensive steam generator for essential oils extraction. *Journal of Chemical Education*, v. 53, p. 652, 1976.
- DE GROOT, A. C.; SCHMIDT, E. Essential oils, part III: chemical composition. *Dermatitis*, v. 27, n. 4, p. 161-169, 2016.
- DIAS, C. N.; MORAES, D. F. C. Essential oils and their compounds as *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae) larvicides: review. *Parasitology Research*, v. 113, n. 2, p. 565-592, 2014.
- FAMUYIWA, F. G.; ADEBAJO, A. Clement. Larvicidal properties of *Eugenia uniflora* leaves. *Agriculture and Biology Journal of North America*, v. 3, n. 10, p. 400-405, 2012. DOI: 10.5251/abjna.2012.3.10.400.405.
- FIUZA, T. S. *et al.* Caracterização farmacognóstica das folhas de *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae). *Revista Eletrônica de Farmácia*, v. 5, n. 2, p. 21-31, 2008.
- FURTADO, R. F. *et al.* Atividade larvica de óleos essenciais contra *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae). *Neotropical Entomology*, v. 34, n. 5, p. 843-847, 2005.
- HANIF, M. A. *et al.* Essential Oils. In: MALIK, Shahid (ed.). *Essential Oil Research*. Cham: Springer Nature Switzerland, p. 3-17, 2019.
- HENNIA, A. *et al.* *Myrtus communis* essential oils: insecticidal, antioxidant and antimicrobial activities: a review. *Journal of Essential Oil Research*, v. 31, n. 6, p. 487-545, 2019.
- HILL, Tyler J.; KOHLI, Garima; YOUNGER, Meg A. Advances in mosquito olfaction: Genetic, genomic, and behavioral approaches in *Aedes aegypti*. *Current Opinion in Neurobiology*, [S. l.], v. 99, art. 103214, 2026.
- ISMAN, M. B. Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection*, v. 19, n. 8-10, p. 603-608, 2000.
- JYOTSNA, B. *et al.* Essential oils from plant resources as potent insecticides and repellents: current status and future perspectives. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v. 61, p. 103395, 2024.
- LEITE, A. M. *et al.* Preliminary study of the molluscicidal and larvicidal properties of some essential oils and phytochemicals from medicinal plants. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 19, n. 4, p. 842-846, out. 2009.
- LIMA, E. P. *et al.* Insecticide resistance in *Aedes aegypti* populations from Ceará, Brazil. *Parasites & Vectors*, v. 4, art. 5, 2011.

- LIMA, L. P. de; SILVA, E. M. da; SOUZA, A. S. B. de. *Aedes aegypti* e doenças relacionadas: uma revisão histórica e biológica. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, Curitiba, v. 4, n. 3, p. 3429-3448, 2021.
- LIMBERGER, R. P. *et al.* Óleos voláteis de espécies de *Myrcia* nativas do Rio Grande do Sul. *Química Nova*, v. 27, n. 6, p. 916-919, 2004.
- MIRANDA, G. de D.; BARBOSA, J. L.; VOLPE, E.; HONORATO, D. F.; VITORINO, G. H.; SOUSA, M. A. de; LIMA, B. C. de. Análise do Impacto Econômico e da Gestão Hospitalar da Dengue no Brasil (2020-2024). *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, [S. l.], v. 7, n. 11, p. 1508–1520, 2025. DOI: 10.36557/2674-8169.2025v7n11p1508-1520. Disponível em: <https://bjih.s.emnuvens.com.br/bjih/article/view/6651>. Acesso em: 7 jul. 2026.
- MARTINS, V. E. P. *et al.* Distribuição espacial e características dos criadouros de *Aedes albopictus* e *Aedes aegypti* em Fortaleza, Estado do Ceará. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 43, n. 1, p. 73-77, 2010.
- MONTEIRO, S. S. *et al.* Leaf Essential Oil from *Eugenia luschnathiana* and *Myrciaria tenella* (Myrtaceae) from Two Different Accesses in Southeastern Brazil, *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, v. 19, n. 7, p. 1675–1683, 2016.
- OOTANI, M. A. *et al.* Utilização de óleos essenciais na agricultura. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, v. 4, n. 2, p. 162-174, 2013.
- PANSERA, M. R. *et al.* Chemical composition and antifungal activity of the essential oils from native species of the Campos de Cima da Serra region, South Brazil. *Journal of Essential Oil Research*, v. 33, n. 5, p. 488-501, 2021.
- PARK, H. M. *et al.* Larvicidal activity of Myrtaceae essential oils and their components against *Aedes aegypti*, acute toxicity on *Daphnia magna*, and aqueous residue. *Journal of Medical Entomology*, v. 48, n. 2, p. 405-410, 2011.
- PAVELA, R. Essential oils for the development of eco-friendly mosquito larvicides: A review. *Industrial Crops and Products*, v. 76, p. 174–187, 2015.
- PROESTOS, C. *et al.* Antioxidant capacity of selected plant extracts and their essential oils. *Antioxidants*, v. 2, n. 1, p. 11-22, 2013.
- RAMSEY, J. T. *et al.* Essential oils and health. *The Yale Journal of Biology and Medicine*, v. 93, n. 2, p. 291-305, 2020.
- RAMOS, M. F. S. *et al.* Avaliação da atividade antiinflamatória dos óleos essenciais de cinco espécies de Myrtaceae. *Revista Fitos*, Rio de Janeiro, v. 2, n. 2, p. 58-66, 2006.
- SANTOS, F. R. dos. Estudo comparativo dos óleos essenciais de espécies da família Myrtaceae através do perfil cromatográfico, análise multivariada e atividades biológicas. 2016. 115 f. *Tese (Doutorado em Química)* - Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ, 2016.

SHULSE, C. D.; SEMLITSCH, R. D.; TRAUTH, K. M. Mosquitofish dominate amphibian and invertebrate community development in experimental wetlands. *Journal of Applied Ecology*, v. 50, n. 5, p. 1244-1256, 2013.

SILVA, A. C. da *et al.* Larvicidal activity, enzyme inhibitory effect, and molecular docking by essential oil, hydrolate, aqueous extract, and major compounds from the leaves of *Eugenia uniflora* against *Aedes aegypti*. *Industrial Crops and Products*, v. 204, p. 117380–117380, 2023.

SILVA, C. J. *et al.* Chemical composition and antibacterial activities from the essential oils of Myrtaceae species planted in Brazil. *Química Nova*, v. 33, n. 1, p. 104-108, 2010.

SILVEIRA, R. M. *et al.* Diversidade da composição química dos óleos essenciais de *Eugenia* (Myrtaceae): uma revisão. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 7, n. 3, p. 33276-33303, 2021.

SILVEIRA, R. M. Análise da composição química, da atividade biológica e da quimiossistemática dos óleos essenciais em *Eugenia* (Myrtaceae). 2023. p. 391. *Tese (Doutorado em Sistemática, Uso e Conservação da Biodiversidade)* - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

SOUZA, A. de; OLIVEIRA, C. de; OLIVEIRA, V. de; *et al.* Traditional Uses, Phytochemistry, and Antimicrobial Activities of *Eugenia* Species – A Review. *Planta Medica*, v. 84, n. 17, p. 1232–1248, 2018.

TABOSA, P. M. de S. Bioatividade de um inibidor de protease de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong sobre o desenvolvimento do mosquito *Aedes aegypti* e sua microbiota intestinal. 2016. *Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas)* – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

TEICHI, V.; ARINELLI, R.; FAHHAM, L. *Aedes aegypti* e sociedade: o impacto econômico das arboviroses no Brasil. *Jornal Brasileiro de Economia da Saúde*, v. 9, n. 3, p. 267-276, 2017.

VALLE, D.; PIMENTA, D. N.; CUNHA, R. V. da. *Dengue: teorias e práticas*. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2015.

WATERMAN, S. H.; GUBLER, D. J. Dengue fever. *Clinics in Dermatology*, v. 7, n. 1, p. 117-122, 1989.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Dengue and severe dengue*. Geneva: WHO, 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Plan of Action on Entomology and Vector Control 2018-2023*. Washington, D.C.: WHO, 2018.

ZARA, A. L. de S. A. *et al.* Estratégias de controle do *Aedes aegypti*: uma revisão. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, Brasília, v. 25, n. 2, p. 391-404, 2016.

ZUZARTE, M. *et al.* Plant Monoterpenes and Essential Oils as Potential Anti-Ageing Agents: Insights from Preclinical Data. *Biomedicines*, v. 12, n. 2, p. 365, 1 fev. 2024.

