

AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE LARVICIDA DO ÓLEO ESSENCIAL DE *CYBBOPOGON NARDUS* NO CONTROLE DE *Aedes Aegypti* NA AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL

A. D. C. BORGES¹, C. E. G. DE CARVALHO², J. R. LIMA- DE-SOUZA³, E. F. MORATO⁴, E. S. CADAXO-SOBRINHO⁵, D. D. MARQUES⁶

Universidade Federal do Acre

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6089-4390>²
carlos.garcao@ufac.br²

Submetido 29/04/2020 - Aceito 07/05/2021

DOI: 10.15628/holos.2021.9989

RESUMO

O uso de óleos essenciais no combate ao mosquito *Aedes aegypti* tem sido ferramenta promissora visto que não causa danos ao meio ambiente. O objetivo deste estudo foi avaliar a composição química e a atividade larvicida do óleo essencial de citronela (*Cymbopogon nardus*) no controle de *Aedes aegypti*, além da determinação da concentração letal média (CL₅₀). A Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG/EM) possibilitou identificar 94,65% da composição química da amostra, em que os compostos majoritários foram: Citronelal (27,62%), Geraniol (16,63%), Elemol (14,78%) e

β-Citronelol (13,87%). Para calcular e avaliar a atividade larvicida do óleo essencial, as larvas foram submetidas a diferentes concentrações (25 – 400 ppm) do óleo essencial, diluído em solução hidroetanólica e observadas até 72 h. As concentrações de 125, 200 e 400 ppm exibiram 100% de mortalidade, enquanto a concentração de 25 ppm e grupo controle não demonstraram mortalidade. A concentração letal média (CL₅₀) foi de 76,43 ppm, com intervalo de confiança (95%) de 68,56-83,86 ppm.

PALAVRAS-CHAVE: *Cymbopogon nardus*; Composição química; Atividade larvicida; *Aedes aegypti*.

THE CHEMICAL COMPOSITION EVALUATION AND LARVICIDE ACTIVITY OF *CYBBOPOGON NARDUS* ESSENTIAL OIL TO CONTROL *AEGES AEGYPTI* POPULATION IN THE SOUTH-WESTERN AMAZON

ABSTRACT

The environment friendly effect in the assessment of essential oils to eradicate mosquitoes transmitted diseases has been a promising tool. The present research was to evaluate chemical composition, larvicide activity and establish lethal concentration (CL₅₀) of citronella essential oil (*Cymbopogon Nardus*) to control *Aedes Aegypti* population. Through chromatography–mass spectrometry (GC/MS) analysis 94,65 % of the sample was identified and the main components were: Citronellal (27.62%), Geraniol (16.63%), Elemol (14, 78%)

and β-Citronellol (13.87%). To calculate and evaluate the larvicidal activity of *A. aegypti*, the larvae were exposed to different citronella oil concentrations of (25 – 400 ppm), diluted in hydroethanolic solution and observed up to 72 hours. Concentrations of 125, 200 and 400 ppm exhibited 100% mortality, while 25 ppm and the control group did not show mortality. The average lethal concentration (LC₅₀) was 76,43 ppm, with a confidence interval (95%) of 68,56-83,86 ppm.

KEYWORDS: *Cymbopogon nardus*; Chemical composition; Larvicidal activity; *Aedes aegypti*.



1. INTRODUÇÃO

A dengue é uma doença viral endêmica que tem afetado de forma intensa o mundo nas últimas décadas, ocorrendo em mais de 100 países, colocando em risco de infecção cerca de 2,5 bilhões de pessoas (Zhang et al., 2015). O mosquito *Aedes aegypti* é o vetor primário da febre amarela, chikungunya e dengue, possuindo ampla distribuição nas zonas tropicais e subtropicais (Durán et al., 2016). A prevenção da dengue tem sido restrita ao controle de vetores devido à ausência de vacinas eficazes e medicamentos. Dessa forma, a estratégia principal é realizar o controle do vetor, normalmente pelo uso excessivo de inseticidas químicos, que tem gerado mais cepas resistentes, além da contaminação do meio ambiente (Batool et al., 2018; Niang et al., 2018).

Óleos essenciais são substâncias voláteis naturais, constituídos por diversos metabólitos secundários (princípios ativos), que são sintetizados pelas plantas como mecanismos de autodefesa e competição por nutrientes. São utilizados como excelente estratégia no controle de vetores da dengue, visto demonstrarem diversas propriedades biológicas, dentre elas a inseticida (Isman, 2020; Benelli et al., 2019). Além disso, os princípios ativos dos óleos essenciais podem atuar de forma isolada ou sinérgica (Benelli et al., 2019; Merino et al., 2019).

Dentre as espécies produtoras de óleos essenciais, destacam-se as plantas da família Poaceae, representada pelo gênero *Cymbopogon* constituída aproximadamente de 140 espécies distribuídas amplamente em todo mundo (Silveira et al., 2012). *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle (Figura 1), popularmente conhecida por capim citronela, apresenta extrema importância devido a suas propriedades, acaricida, inseticida e repelência (Raja et al., 2001; Olivo et al. 2008).



Figura 1: Capim citronela – *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle. (Fonte: Autor)

De acordo com a Agência Reguladora de Alimentos e Drogas nos Estado Unidos – FDA (Food and Drug Agency), e a Organização Mundial da Saúde – OMS, os óleos essenciais são biodegradáveis a produtos não-tóxicos, demonstram baixa toxicidade e lento desenvolvimento de resistência das cepas (Oliveira et al. 2011).

Na busca de encontrar novas estratégias para controle do mosquito *Aedes aegypti*, os óleos essenciais são utilizados como ferramentas promissoras, tendo em vista suas propriedades e benefícios ambientais. Nesse sentido, o presente trabalho tem por objetivo determinar o rendimento, a composição química e a atividade larvicida, incluindo a concentração letal média (CL₅₀) do óleo de citronela da espécie *C. nardus* cultivada em Cruzeiro do Sul – AC, bacia do rio Juruá, uma das mais endêmicas do país em doenças como malária e dengue.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 OBTENÇÃO DAS PLANTAS, PREPARO E EXTRAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

A identificação da espécie *C. nardus*, tomo n°. 6256, foi realizada no Laboratório de Botânica do Centro de Ciências Biológicas e da Natureza - CCBN, da Universidade Federal do Acre – UFAC. A espécie foi cultivada no município de Cruzeiro do Sul – AC, área rural Gleba Campinarana, km 28 (7°26'50"S/72°42'14"W), por um período de 12 meses, sendo em seguida coletada. As amostras foram obtidas de rizomas a partir de 15 cm da base do solo. As plantas foram armazenadas em local seco e climatizado com temperatura média de 15°C, trituradas em equipamento na Fundação de Tecnologia do Estado Acre – FUNTAC e da Unidade de Tecnologia de Alimentos da UFAC – UTAL. Após a trituração, as amostras foram desidratadas em estufa industrial por um período de 48 horas em temperatura média de 45°C, conforme Moncada, Tamayo e Cardon (2014), com adaptações.

As extrações foram realizadas por meio do método de hidrodestilação proposto por Castro et al. (2007), por uso de um micro destilador de vidro, acoplado a uma coluna tipo Clevenger vertical e condensador horizontal, resfriados em banho ultratermostático (QUIMIS, Q-214M2, 220 V), com temperatura de entrada da água no condensador do sistema controlada entre 0 a 5°C e saída entre 20 a 30°C.

A massa seca de amostra, previamente pesada, foi imersa em 2 L água em balão pirex de capacidade de 5 L, seguido de aquecimento em manta (QUIMIS, Q-321A28, 220 V) com variação de temperatura de extração entre 110 a 140°C, por duas horas. O cálculo de rendimento das extrações foi expressado em % do volume de óleo extraído por massa em gramas de planta seca (% v/m), realizadas no Laboratório de Pesquisas em Biocombustíveis da Universidade Federal do Acre.

2.2 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO DE CITRONELA

As análises de Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG/EM) foram realizadas em parceria com o Instituto de Análise Forense (IAF), do Departamento de Polícia Técnico Científica, da Polícia Civil do Estado do Acre, no equipamento CG/EM, modelo 7890^a/5975C, da Agilent Technologies. Cada amostra foi diluída em hexano e injetado em uma coluna capilar HP-5MS (30 m x 0,25 mm de diâmetro interno x filme de 0,25 µm), usando hélio (He) como gás de arraste, em modo *splitless*. A temperatura do injetor foi de 290 °C, com gradiente iniciando em 80 °C, por



cinco minutos, aumentando 4 °C.min⁻¹ até 285 °C, permanecendo por 40 minutos. O detector e interface do sistema permaneceram a 290 °C. O detector de massas operou com ionização por impacto de elétrons a 70 eV. Os espectros foram registrados fazendo uma varredura de massas de 30 a 600 Dalton. A metodologia foi adaptada segundo (Ferreira et al., 2005).

Os espectros de massa dos constituintes químicos identificados no óleo de citronela passaram por um processo comparativo da biblioteca do equipamento com outros bancos, como o NIST.

2.3 COLETA E TRIAGEM OVOS AEADES AEGYPTI

Os ovos foram coletados com o uso de armadilhas confeccionadas no Departamento de Endemias e Saúde Pública de Rio Branco. Utilizaram-se armadilhas de vasos plásticos escuros de 1 L, fixando nas mesmas, com grampos, placas de eucatex de 5 x 15 cm que foram imersas em 5 cm de altura de água, para que as fêmeas depositassem os ovos na superfície. As armadilhas foram instaladas no bairro Manoel Julião, em Rio Branco – AC, por um período três meses. As placas foram substituídas a cada cinco dias e recolhidas para a realização da triagem dos ovos, utilizando uma lupa de magnificação (Microscópio Estereoscópio Trinocular, Modelo 0744OSZ - T).

2.4 TESTE LARVICIDA

Os ovos utilizados para o teste larvicida foram mantidos em câmara de demanda biológica de oxigênio (BOD) durante o período de 24 a 48 h para eclosão. Após a eclosão, as larvas de primeiro instar (três dias após a eclosão) foram separadas usando-se uma pipeta Pasteur. Foram consideradas mortas aquelas que não reagiram ao estímulo mecânico. As larvas foram expostas ao grupo controle (solução hidroetanólica 1:160) e demais tratamentos (25, 50, 75, 100, 125, 150, 200 e 400 ppm) por um período de 72 h, com intervalos de observação a cada 12 h, mantidas em câmara BOD em condições controladas de temperatura (25 ± 1 °C), umidade relativa do ar (70 ± 10%), exposição fotovoltaica de 14 horas, sendo alimentadas com farelo de pão.

O delineamento experimental foi constituído por nove grupos (um controle e oito tratamentos), com três repetições, de modo que para cada grupo foram utilizadas 60 larvas (20 larvas por repetição). Os dados na avaliação da taxa de mortalidade das larvas foram submetidos à análise do Probit através do software POLO PC (LeOra SOFTWARE, 1987) para o cálculo da concentração letal média 50% (CL₅₀) com ajuste do intervalo de confiança de 95%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 EXTRAÇÃO E RENDIMENTO DO ÓLEO ESSENCIAL DE CITRONELA

As extrações foram realizadas em 28 etapas, cada uma utilizando massa orgânica seca entre 400 e 500 g. As principais informações sobre a extração estão dispostas na Tabela 1. O valor de rendimento de extração obtido foi de 1,19% ± 0,18% (v/m), abaixo dos obtidos por Oliveira et al.



(2011), que reportaram a extração de diferentes óleos essenciais, com rendimento de $2,27\% \pm 0,70\%$ (v/m) para o óleo de citronela, também da espécie *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle. Todavia, o valor encontrado é bastante próximo ao trabalho de Castro et al. (2007), que obtiveram rendimento médio de $1,15\%$ (v/m) e de Castro et al. (2010), que reportaram rendimento de $1,23\%$ (v/m).

Tabela 1: Dados de extração do óleo de citronela.

Massa planta seca (kg)	Massa média de extração (g)	Volume de óleo (ml)	Volume médio de óleo (ml)	Rendimento (% v/m)	Tempo médio (h)	Temperatura média (°C)
12,0	428,6 ± 46,0	143,0	5,11 ± 0,80	1,20 ± 0,18	2,5 ± 0,7	114,3 ± 11,5

3.2 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO DE CITRONELA POR CG/EM

A análise de cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa identificou 15 componentes na composição química do óleo essencial de citronela, equivalendo à 94,65% da amostra, sendo que os componentes majoritários foram Citronelal (27,62%), Geraniol (16,63%), Elemol (14,78%) e β -Citronelol (13,87%), conforme destacado na Tabela 2.

Tabela 2: Composição química do óleo essencial de citronela (CG-EM).

Componentes	Tempo de retenção (min)	Concentração relativa (%)
1 DL - Limoneno	8.63	1,71
2 Citronelal	13.33	27,62
3 β-Citronelol	15.97	13,87
4 Neral	16.28	0,97
5 Geraniol	17.03	16,63
6 Citral	17.38	1,28
7 Acetato de citronelila	20.01	1,40
8 δ -3-Careno	21.04	1,15
9 β -Elemeno	21.46	2,97
10 Germacreno	24.30	1,10
11 δ -Cadineno	25.57	2,62
12 Elemol	26.56	14,78
13 Amorfenol	27.27	4,04
14 α -Cadinol	29.08	1,72
15 Naftaleno	29.48	2,78
		94,65 (identificados)

Os compostos majoritários se classificam em monoterpenos oxigenados: citronelal, citronelol e geraniol, que somados correspondem a 58,12% da composição; e sesquiterpeno oxigenado: Elemol, correspondente a 14,78%. Além dessas classificações estarem presentes nos



demais compostos, também foram encontrados monoterpenos hidrocarbonetos, sesquiterpenos hidrocarbonetos, entre outros.

A Figura 4 apresenta a estrutura dos compostos majoritários encontrados na composição química do óleo de citronela.

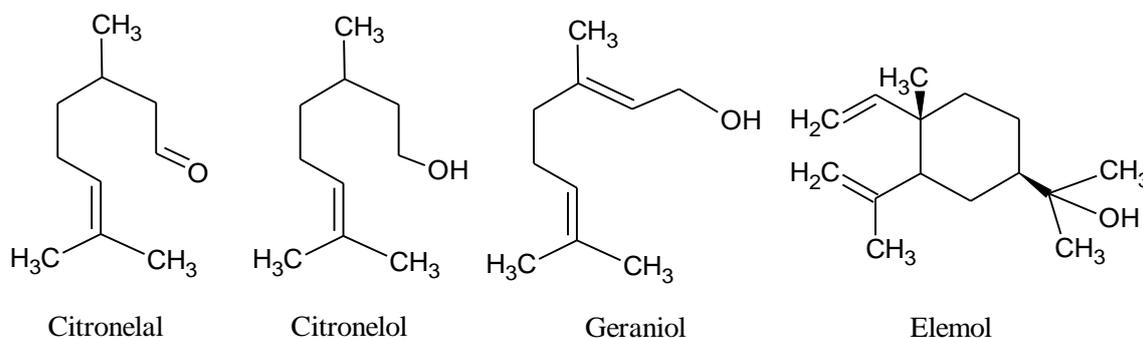


Figura 4: Estrutura dos compostos majoritários do óleo de citronela. (Fonte: Autor)

Os resultados obtidos, apesar de apresentarem algumas variações quantitativas na composição, tem basicamente os mesmos compostos majoritários encontrados na literatura.

Ootani et al. (2011), ao estudarem a toxicidade do óleo de citronela sobre *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY, obtiveram Citronelal (36,53%), Geraniol (2,56%) e Citronelol (13,10%), como compostos majoritários, e ainda 8,24% de Elemol.

Oliveira et al. (2011), comparando os óleos de citronela (*C. nardus*) e de capim-limão (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf.) para atividade antilisterial, determinaram, por CG/EM, os teores: Geraniol (42,92%) e Neral (30,91%), como substâncias principais do óleo de capim-limão; e Citronelal (34,61%), Geraniol (23,18%) e Citronelol (12,10%), do óleo de citronela. Isso demonstra uma composição diferente para esses óleos de espécies distintas da mesma família. Nesse trabalho, os autores não reportaram a presença de Elemol.

Andrade et al. (2012) compararam o óleo de citronela (*C. nardus*) com outros óleos essenciais de outras famílias para atividades antioxidante e antibacteriana. Encontraram a composição majoritária: Citronelal (47,12%), Geraniol (18,56%) e Citronelol (11,07%). Observaram ainda 4,04% de Elemol.

Castro et al. (2010) avaliaram o efeito da composição do óleo de citronela em relação à época de colheita. Os autores observaram que em todas as épocas de colheita (cinco) os compostos majoritários foram Geraniol, Citronelol e Elemol. O Geraniol sempre com maior concentração, com variação de 31,63% a 38,40%. O Citronelol como segundo composto majoritário (variação de 10,34% a 19,27%), exceto na primeira época de colheita (56 dias), onde a concentração de Elemol superou a do Citronelol, 11,73% e 10,34%, respectivamente. Nessa pesquisa, o Citronelal não foi relatado como majoritário, com concentrações entre 1,80% a 4,03%.

Outro trabalho que mostrou variações quantitativas significantes na composição de óleo de citronela foi o realizado por Veloso et al. (2012), os quais investigaram o efeito da adubação do solo. Para 3 kg de adubo orgânico aplicado por cova, a composição foi de: 35,43% de Geraniol (variação de 21,83% a 35,43% em todos os testes); 17,80% de Citronelal (17,80% a 34,87%); 14,82% de Citronelol (13,86% a 14,82%) e 4,47% de Elemol (1,10% a 4,47%). Observa-se que nessa adubação o Citronelal apresentou um valor mínimo e as demais substâncias valores máximos quando comparados aos demais testes. O Citronelal só apresentou o máximo (34,87%) na adubação de 6 kg, seguido por Geraniol (21,83%) e Citronelol (13,96%). Nos demais casos, o Citronelal ficou na 3ª posição entre esses componentes.

Diversos são os fatores que podem afetar a composição dos óleos essenciais, o que inclui a espécie botânica, diversidade genética, metodologia de extração, sazonalidade, clima, solo, poluição, entre outros fatores (Cruz et al., 2015). Os resultados encontrados no presente trabalho corroboram com a literatura em termos da presença e variação quantitativa dos fitocompostos principais do óleo essencial da *Cymbopogon nardus*. Sob o ponto de vista das concentrações, considerando metodologia semelhante de análise, pode-se destacar a presença significativa do Elemol (15,61%), cerca de 2 a 4 vezes maior do que os encontrados nos trabalhos relatados acima, onde a substância não foi reportada como majoritária. Exceto para um dos casos da pesquisa realizada por Castro et al. (2010). Assim, pode-se dizer que, de acordo com as condições edafoclimáticas para o cultivo da Citronela no alto Juruá (AC), tem-se um óleo de composição diferenciada, que pode ser aplicado para diversas propriedades de interesse biológico.

3.4 TESTE LARVICIDA

Os resultados obtidos mostraram que o óleo de citronela *C. nardus* demonstrou atividade larvicida sobre *A. aegypti*, em larvas de primeiro instar, em diferentes concentrações (25, 50, 75, 100, 125, 150, 200 e 400 ppm), com efeito dose-dependente do composto. A Tabela 3 apresenta os resultados do teste larvicida, para diferentes tempos de exposição. Observa-se que após 60 h de exposição ocorreu uma estabilização da mortalidade de larvas, permanecendo as mesmas taxas até 72 h. A partir de 125 ppm, praticamente houve 100% de taxa de mortalidade. A faixa de maior incremento de mortalidade ocorreu entre 75 e 100 ppm, apresentando 45,0% e 88,3%, respectivamente. A menor concentração (25 ppm) não exibiu nenhuma mortalidade, assim como o grupo controle.

De acordo com Veloso et al. (2015), larvas de *A. aegypti* expostas por 24 h ao óleo de citronela em diferentes concentrações (83, 167, 250 e 333 ppm em volume) apresentaram atividade larvicida e na maior concentração aplicada obteve-se 100% de taxa de mortalidade.



Tabela 3: Atividade larvívica do óleo de citronela sobre *A. aegypti* em diferentes tempos de exposição.

Concentração (ppm)	Taxa de mortalidade média (%)			
	12h	36h	60h	72h
0 – Controle	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
25	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
50	8,3 ± 2,9	16,7 ± 5,8	21,7 ± 10,4	21,7 ± 10,4
75	25,0 ± 20,0	36,7 ± 20,2	45,0 ± 21,8	45,0 ± 21,8
100	83,3 ± 7,6	85,0 ± 5,0	88,3 ± 7,6	88,3 ± 7,6
125	100,0 ± 0,0	100,0 ± 0,0	100,0 ± 0,0	100,0 ± 0,0
150	86,7 ± 5,8	96,7 ± 2,9	98,3 ± 1,7	98,3 ± 1,7
200	100,0 ± 0,0	100,0 ± 0,0	100,0 ± 0,0	100,0 ± 0,0
400	100,0 ± 0,0	100,0 ± 0,0	100,0 ± 0,0	100,0 ± 0,0

A concentração letal média (CL₅₀) encontrada, após 60 h de exposição, foi de 76,43 ppm, com intervalo de confiança 95% de 68,56-83,86 ppm. Este resultado se assemelha àquele obtido por Ríos, Stashenko e Duque (2017), que encontraram CL₅₀ de 71,26 ppm quando expuseram o óleo de *C. nardus* diluído em DMSO 0,5%, nas concentrações de 30, 300 e 1000 ppm, para larvas de *Aedes aegypti* L., após 48 h, e de 75,85 ppm, após 24 h. No entanto, Ahouansou et al. (2019) testaram óleo de *C. nardus* para larvas de *Anopheles gambiae* o valor da concentração letal média foi de 36,83 ppm, após o período de 24 h.

Furtado et. al. (2005), utilizando o óleo de *Cymbopogon winterianus* diluído em DMSO, em concentrações de 1, 10, 50 e 100 ppm, encontraram o valor de 54,7 ppm para CL₅₀. Porém, Mendonça et al. (2005), quando submeteram larvas de *A. aegypti* ao óleo de *C. winterianus* pelo período de 24h, determinaram o valor 98 ppm para concentração média letal.

A literatura tem reportado atividade larvívica do óleo de citronela *C. nardus* para outras espécies de insetos e até mesmo ácaros. Phasomkusolsil e Soonwera (2010) expuseram por 5 a 10 minutos o óleo de citronela para *Culex quinque fasciatus*, que demonstrou 100% de mortalidade das larvas. Colpo, Jahnke e Füller (2014) também comprovaram que o óleo essencial do capim citronela exibiu atividade inseticida sobre *Grapholita molesta* em todas as fases do desenvolvimento (ovo-larva-pupa e adulto). Em fêmeas de carrapatos *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, o óleo de citronela foi exposto em diferentes concentrações (0,1- 100%), demonstrando 89,5% de eficiência na maior concentração aplicada (Olivo et al. 2008).

Assim sendo, o potencial de toxicidade de óleos essenciais e seus componentes podem exibir diferentes concentrações letais médias a depender de fatores extrínsecos e intrínsecos da planta coletada, bem como do nicho ecológico da larva de *A. aegypti*, que pode afetar a suscetibilidade (Barbosa et al. 2012). Além disso, outro fator é o estágio larval. Waliwitiya, Kennedy e Lowenberger (2008) investigaram a atividade de diversos monoterpenos de óleos essenciais sobre vários estágios larvais (1-4) de *A. aegypti*, e verificaram que quanto mais avançado for o estágio

larval maior será a capacidade de desintoxicação do composto. Também observaram que com o aumento da espessura cuticular menor a ação do composto.

4. CONCLUSÃO

Nos ensaios de extração realizados para *C. nardus* cultivada na comunidade Gleba Campinarana, alto Juruá, foi possível obter um rendimento de extração de 1,19% ±0,18% (v/m). A análise de CG/EM possibilitou identificar 15 compostos (94,65% da amostra), tendo como majoritários: Citronelal (27,62%), Geraniol (16,63%), Elemol (14,78%) e β-Citronelol (13,87%), com destaque para a quantidade alta de Elemol em comparação a outros trabalhos na literatura. O óleo de citronela demonstrou atividade larvicida sobre *A. aegypti*, em larvas de primeiro instar, em diferentes concentrações (25, 50, 75, 100, 125, 150, 200 e 400 ppm), com efeito dose-dependente do composto. Verificou-se uma estabilização de mortalidade de larvas após 60 h de exposição e 100% de mortalidade em concentrações maiores ou iguais a 125 ppm. A concentração letal média (CL₅₀) encontrada foi de 76,43 ppm, com intervalo de confiança 95% de 68,56-83,86 ppm. Os resultados apontam para a importância do uso do óleo de citronela produzido nas comunidades, para prevenção e combate ao mosquito transmissor de doenças historicamente endêmicas na região.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Me. Giulliano Scarante Cezarotto, do Departamento de Polícia Técnico Científica da Polícia Civil do Estado do Acre, pelo apoio na realização das análises químicas e à equipe do Laboratório de Botânica do Centro de Ciências Biológicas e da Natureza – CCBN/UFAC, pela identificação da espécie.

6. REFERÊNCIAS

- Ahouansou, A. C., Fagla, S. R. M., Tokoudagba, J. M., Toukourou, H., Badou, Y. K., & Gbaguidi, F. A. (2019). Chemical composition and larvicidal activity of the essential oil of *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle on *Anopheles gambiae*. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(3), 1861-1869.
- Andrade, M. A., Cardoso, M. G., Batista, L. R., Mallet, A. C. T., & Machado, S. M. F. (2012). Óleos essenciais de *Cymbopogon nardus*, *Cinnamomum zeylanicum* e *Zingiber officinale*: composição, atividades antioxidante e antibacteriana. *Revista Ciência Agronômica*, 43(2), 399-408.
- Barbosa, P. C. S., Medeiros, R. S., Sampaio, P. T. B., Viera, G., Wiedemann, L. S. M., & Veiga-Júnior, V. F. (2012). Influence of abiotic factors on the chemical composition of Copaiba Oil (*Copaifera multijuga* Hayne): soil composition, seasonality and diameter at breast Heigh. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 23(10), 1823-1833.



- Batool, K., Alam, I., Wu, S., Liu, W., Zhao, G., Chen, M., Wang, J., Xu, J., Huang, T., Pan, X., Yu, X.; Guan, X., Xu, L., & Zhang, L. (2018). Transcriptomic analysis of *Aedes aegypti* in response to mosquitocidal *Bacillus thuringiensis* LLP29 toxin. *Scientific Reports*, 8 (12650).
- Benelli, G., Pavela, R., Petrelli, R., Kamgang, N. F., Cappellacci, L., Lupidi, G., Quassinti, L., Bramucci, M., Sut, S., Dall'Acqua, S., Canale, A., & Maggi, F. (2019). Carlina oxide from *Carlina acaulis* root essential oil acts as a potent mosquito larvicide. *Industrial Crops and Products*, 137, 356–366.
- Castro, H. G., Barbosa, L. C. A., Leal, T. C. A. B., Souza, C. M., & Nazareno, A. C. (2007). Crescimento, teor e composição do óleo essencial de *Cymbopogon nardus* (L.). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 9(4), 55-61.
- Castro, H. G., Perini, V. B. M., Santos, G. R., & Leal, T. C. A. B. (2010). Avaliação do teor e composição do óleo essencial de *Cymbopogon nardus* (L.) em diferentes épocas de colheita. *Revista Ciência Agronômica*, 41(2), 308-314.
- Colpo, J. F., Jahnke, S. M., & Füller, T. (2014). Potencial inseticida de óleos de origem vegetal sobre *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 16(20), 182-188.
- Cruz, T. P., Alves, F. R., Mendonça, R. F., Costa, A. D., Jesus Junior, W. C., Pinheiro, P. F., & Marins, A. K. (2015). Atividade fungicida do óleo essencial de *Cymbopogon winterianus* Jowit (citronela) contra *Fusarium solani*. *Bioscience Journal*, 31(1), 1-8.
- Durán, N., Islan, G. A., Durán, M., & Castro, G. R. (2016). Nanobiotechnology Solutions against *Aedes aegypti*. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 27(7), 1139–1149.
- Ferreira, E. A., Demuner, A. J., Silva, A. A., Santos, J. B., Ventrella, M. C., Marques, A. E., & Procópio, S. O. (2005). Composição química da cera epicuticular e caracterização da superfície foliar em genótipos de cana-de-açúcar. *Planta Daninha*, 23(4), 611-619.
- Furtado, R. F. Lima, M. G. A., Andrade Neto, M., Bezerra, J. N. S., & Silva, M. G. V. (2005). Atividade Larvicida de Óleos Essenciais Contra *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae). *Neotropical Entomology*, 34(5), 843-847.
- Isman, M. S. (2020). Botanical insecticides in the twenty-first century-fulfilling their promise?. *Annual Review of Entomology*, 65(1), 233-249.
- Mendonça, F. A. C., Silva, K. E. F., Santos, K. K., Ribeiro Júnior, K. A. L., & Sant'Ana, A. E. G. (2005). Activities of some Brazilian plants against larvae of the mosquito *Aedes aegypti*. *Fitoterapia, Milano*, 76(7-8), 629-636.
- Merino, N., Berdejo, D., Bento, R., Salman, H., Lanz, M., Maggi, F., Sánchez, G. S., García, G. D., & Pagán, R. (2019). Antimicrobial efficacy of *Thymbra capitata* L. Cav. Essential oil loaded in self-assembled zein nanoparticles in combination with heat. *Industrial Crops and Products*, 133, 98–104.



- Moncada, J., Tamayo, J. A., & Cardon, C. A. (2014). Techno-economic and environmental assessment of essential oil extraction from citronella (*Cymbopogon winteriana*) and lemongrass (*Cymbopogon citratus*): a colombian case to evaluate different extraction technologies. *Industrial Crops and Products*, 54, 175-184.
- Niang, E. H. A., Bassene, H., Fenollar, F., & Mediannikov, O. (2018). Biological Control of Mosquito-Borne Diseases: The Potential of *Wolbachia*- Based Interventions in na IVM Framework. *Journal of Tropical Medicine*, (1470459).
- Oliveira, M. M. M., Brugnera, D. F., Cardoso, M. G.; Guimarães, L. G. L., & Piccoli, R. H. (2011) Rendimento, composição química e atividade antilisterial de óleos essenciais de espécies de *Cymbopogon*. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 13(1), 8-16.
- Olivo, C. J., Carvalho, N. M., Silva, J. H. S., Vogel, F. F., Massariol, P., Meinerz, G.; Agnolin, C., Morel, A. F., & Viau, L. V. (2008). Óleo de citronela no controle do carrapato de bovinos. *Ciência Rural*, 38(2), 406-410.
- Ootani, M. A., Aguiar, R. W. S., Mello, A. V., Didonet, J., Portella, A. C. F., & Nascimento, I. R. (2011). Toxicidade de óleos essenciais de eucalipto e citronela sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Bioscience Journal*, 27(4), 609-618.
- Phasomkusolsil, S., & Soonwera, M. (2010). Potential larvicidal and pupacidal Activities of herbal essential oils against *Culex quinque fasciatus* Say and *Anopheles minimus* (Theobald). *The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*, 41(6), 1342-1351.
- Raja, N., Albert, S., Ignacimuthu, S., & Dorn, S. (2001). Effect of plant volatile oils in protecting stored cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walpers against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) infestation. *Journal of Stored Products Research*, 37(2), 127-132.
- Ríos, N., Stashenko, E. E., & Duque, J. E. (2017). Evaluation of the insecticidal activity of essential oils and their mixtures against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 61(4), 307-311.
- Silveira, S. M., Cunha Junior, A., Scheuermann, G. N., Secchi, F. L., Verruck, S., Krohn, M., & Vieira, C. R. W. (2012). Composição química e atividade antibacteriana dos óleos essenciais de *Cymbopogon winterianus* (citronela), *Eucalyptus paniculata* (eucalipto) e *Lavandula angustifolia* (lavanda). *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 71(3), 471-480.
- Veloso, R. A., Castro, H. G., Cardoso, D. P., Santos, G. R., Barbosa, L. C. A., & Silva, K. P. (2012). Composição e fungitoxicidade do óleo essencial de capim citronela em função da adubação orgânica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(12), 1707-1713.
- Veloso, R. A., Castro, H. G., Cardoso, D. P., Chagas, L. F. B., & Chagas-Júnior, A. F. (2015). Óleos essenciais de manjeriçao e capim citronela no controle de larvas de *Aedes aegypti*. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 10(2), 101 - 105.



Waliwitiya, R., Kennedy, C. J., & Lowenberger, C.A. (2008). Larvicidal and oviposition-altering activity of monoterpenoids, trans-anethole and rosemary oil the yellow fever mosquito *Aedes aegypti* (Diptera; Culicidae). *Pest Management Science*, 65(3), 241-248.

Zhang, B., Salieb-Beugelaar, G. B., Nigo, M. M., Weidmann, M., & Hunziker, P. (2015). Diagnosing dengue virus infection: rapid tests and the role of micro/nanotechnologies. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 11(7), 1745–1761.

COMO CITAR ESTE ARTIGO:

BORGES, A. D. C., CARVALHO, C. E. G. DE, SOUZA, J. R. L. DE, MORATO, E. F., CADAXO-SOBRINHO, E. S., MARQUES, D. D. (2021) avaliação da composição química e atividade larvica do óleo essencial de *cymbopogon nardus* no controle de *aedes aegypti* na Amazônia sul-ocidental. *Holos*. 37(5), 1-13.

SOBRE OS AUTORES

A. D. C. BORGES

Graduado em Química pela Universidade Federal do Acre (CCBN/UFAC). E-mail: adbrasil77@gmail.com
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8844-3994>

C. E. G. DE CARVALHO

Docente do Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Área de Química (CCBN/UFAC). E-mail: carlos.garcao@ufac.br
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6089-4390>

J. R. L. DE-SOUZA

Docente do Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Área de Ciências Biológicas (CCBN/UFAC), colaborador do grupo de pesquisa BCSTM (Brazilian Central of Studies on Ticks Morphology), docente do Programa de Pós-graduação em Sanidade e Produção Animal Sustentável da Amazônia (PPGESPA) da UFAC. E-mail: jose.lima@ufac.br
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2605-0420>

E. F. MORATO

Docente do Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Área de Ciências Biológicas/Ecologia (CCBN/UFAC), Programa de Pós-graduação em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais (PPG-EMRN) da UFAC. E-mail: elderfmorato@yahoo.com.br
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2355-3666>

E. S. CADAXO-SOBRINHO

Doutora em Educação pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte/UFRN com Estágio Doutoral na Docente do Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Área de Química (CCBN/UFAC). E-mail: escadaxo@hotmail.com
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3547-2521>

D. D. MARQUES

Docente do Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Área de Química (CCBN/UFAC). E-mail: delcio.marques@ufac.br
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1534-0281>



Editor(a) Responsável: Francinaide de Lima Silva Nascimento

Pareceristas *Ad Hoc*: SOFIA SUELY BRANDÃO E REGINA LIANDA

