

Avaliação da combinação de métodos de controle para *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) em Pará de Minas, Minas Gerais, Brasil

Evaluation of the combination of control methods for *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Pará de Minas, Minas Gerais, Brazil

Dionisio Pacceli Costa¹ , Tatiana Mingote Ferreira de Ázara² , Aline Machado Rapello do Nascimento³ , Leon Diniz Alves⁴ 
Douglas Felipe de Carvalho Duarte⁵ , Luiz Guilherme Soares da Rocha Bauzer^{6,7} , Ima Aparecida Braga¹ , José Bento Pereira Lima^{6,7} 

1. Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil. 2. Instituto René Rachou/Fiocruz Minas, Belo Horizonte, MG, Brasil. 3. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente do Ministério da Saúde (SVSA/MS) Brasília, DF, Brasil. 4. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET), Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 5. Vigilância Sanitária de Pará de Minas, Pará de Minas, MG, Brasil. 6. Laboratório de Biologia, Controle e Vigilância de Insetos Vetores, Instituto Oswaldo Cruz, Fiocruz, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 7. Instituto de Biologia do Exército, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Resumo

Objetivo: avaliar a eficácia de diferentes métodos de controle vetorial do *Aedes aegypti* em quatro áreas de Pará de Minas, Minas Gerais, Brasil, comparando indicadores entomológicos entre áreas com diferentes intervenções e uma área controle. **Métodos:** o estudo foi conduzido em quatro áreas: Área Controle (AC) - aplicação de Spinosad, Área de Intervenção 1 (AI1) - uso de disseminadores de larvicida piriproxifeno -, Área de Intervenção 2 (AI2) - aplicação de matriz polimérica circular contendo piriproxifeno nos criadouros - e Área de Intervenção 3 (AI3) - combinação das estratégias de AI1 e AI2. As intervenções foram monitoradas durante 13 meses. Foram utilizados três indicadores entomológicos para comparação entre as áreas: Índice de Positividade de Ovitrapas (IPO), Índice de Densidade de Ovos (IDO) e Índice Médio de Ovos (IMO). **Resultados:** houve associação positiva significativa entre os valores dos índices entomológicos nas diferentes áreas de estudo. Os três índices apresentaram variações semelhantes ao longo do período de observação, com flutuações síncronas. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre AI1 e AI3 em relação à AC. Entretanto, AI2 apresentou valores significativamente mais altos de IPO ($p = 0,032$), IMO ($p < 0,0001$) e IDO ($p < 0,0001$) quando comparada à AC. **Conclusões:** as metodologias aplicadas isoladamente em AI1 e AI2 foram menos eficazes que o controle com Spinosad. A combinação de estratégias em AI3 apresentou eficácia semelhante à AC, com a vantagem de maior tempo residual, sugerindo que o uso integrado de métodos pode representar uma alternativa promissora para o controle de *Ae. aegypti*.

Palavras-chave: *Aedes aegypti*; controle vetorial; piriproxifeno; Spinosad; estações disseminadoras.

Abstract

Objective: to evaluate the effectiveness of different vector control methods for *Aedes aegypti* in four areas of Pará de Minas, Minas Gerais, Brazil, comparing entomological indicators between areas with different interventions and a control area. **Methods:** the study was conducted in four areas: Control Area (CA) - application of Spinosad; Intervention Area 1 (IA1) - use of pyriproxyfen larvicide disseminators; Intervention Area 2 (IA2) - application of a circular polymeric matrix containing pyriproxyfen in breeding sites; and Intervention Area 3 (IA3) - combination of the strategies of IA1 and IA2. The interventions were monitored for 13 months. Three entomological indicators were used for comparison between the areas: Ovitrap Positivity Index (OPI), Egg Density Index (EDI), and Average Egg Index (AEI). **Results:** a significant positive association between the values of the entomological indices in the different study areas. The three indices showed similar variations throughout the observation period, with synchronous fluctuations. No statistically significant differences were observed between AI1 and AI3 in relation to AC. However, AI2 presented significantly higher values of IPO ($p = 0.032$), IMO ($p < 0.0001$) and IDO ($p < 0.0001$) when compared to AC. **Conclusions:** the methodologies applied in isolation in AI1 and AI2 were less effective than Spinosad-based control. The combination of strategies in AI3 showed similar effectiveness as CA with the advantage higher residual time, suggesting that the integrated use of methods may represent a promising alternative for the control of *Ae. aegypti*.

Keywords: *Aedes aegypti*; vector control; pyriproxyfen; Spinosad; dissemination stations.

INTRODUÇÃO

O Arbovirose são doenças causadas por vírus transmitidos por vetores artrópodes. Entre elas, dengue, febre chikungunya, febre zika e febre amarela urbana ocorrem no Brasil e em outros países tropicais e regiões subtropicais, impulsionadas pela globalização e pela urbanização não planejada, o que aumenta o número de criadouros, elevando a densidade populacional do

mosquito transmissor, o *Aedes aegypti*^{1,2,3}.

Além de *Ae. aegypti*, o *Aedes albopictus* encontra-se amplamente disseminado no território nacional, ocupando ambientes periurbanos e rurais, e apresenta elevado potencial epidemiológico³. Essa espécie é reconhecida como vetor

Correspondente: José Bento Pereira Lima. Avenida Brasil 4365, Rio de Janeiro, RJ, CEP 21040-900.e-mail: jbento@ioc.fiocruz.br

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse

Recebido em: 10 Jan 2026; Revisado em: 6 Feb 2026; Aceito em: 20 Feb 2026

2 Combinação de métodos de controle para *Aedes aegypti*

de dengue, chikungunya e zika em outros países, além de apresentar competência vetorial comprovada em condições experimentais⁴. No Brasil, embora a transmissão natural dessas arboviroses ainda seja atribuída majoritariamente a *Ae. aegypti*, há evidências de transmissão transovariana do vírus da dengue em *Ae. albopictus*, o que reforça seu papel potencial na manutenção viral e no risco de ampliação da transmissão⁵. Ademais, a coexistência e a competição ecológica entre *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* podem influenciar a dinâmica populacional desses vetores, inclusive em ambientes intradomiciliares e peridomiciliares^{5,6}.

O monitoramento da presença do vetor no país é realizado por meio do Levantamento Rápido de Índices para *Ae. aegypti* (LIRAA) e do Levantamento de Índices Amostral (LIA)^{3,7,8}. Essas metodologias avaliam a presença de formas imaturas nos imóveis pesquisados, fornecem o índice de infestação predial e o índice de Breteau, e permitem a identificação dos criadouros predominantes. Outra estratégia recomendada para o monitoramento do *Ae. aegypti* são ovitrampas, que geram informações sobre a presença e a densidade de ovos do mosquito vetor. Esses dados possibilitam direcionar as ações de controle para as áreas com maiores índices de larvas ou ovos^{3,9,10}.

No Brasil, as ações de controle vetorial são orientadas pelo Programa Nacional de Controle da Dengue (PNCD), que preconiza a integração de estratégias mecânicas, biológicas e químicas, aliadas às ações de vigilância entomológica e mobilização social. Entre as atividades rotineiras destacam-se as visitas domiciliares realizadas pelos Agentes de Combate às Endemias (ACEs), com foco na eliminação de criadouros, tratamento focal com larvicidas, uso de adulticidas em situações específicas de transmissão e monitoramento entomológico sistemático. O controle químico é realizado com uso de larvicidas e adulticidas, aplicados de forma residual ou espacial³.

No entanto, o controle do *Aedes* enfrenta importantes desafios operacionais, como a grande diversidade de recipientes que podem atuar como criadouros, a elevada capacidade adaptativa dos vetores e a recusa de moradores ou proprietários em permitir o acesso aos imóveis, dificultando a identificação e o tratamento adequado dos focos³.

Nesse contexto, novas ferramentas vêm sendo propostas como estratégias complementares ao controle vetorial convencional. As Estações Disseminadoras de Larvicida (EDLs), constituem uma abordagem inovadora baseada no comportamento de oviposição múltipla das fêmeas de *Ae. aegypti*^{11,12,13}. Essa tecnologia utiliza o próprio mosquito como agente disseminador do larvicida piriproxifeno para diferentes criadouros, incluindo recipientes pequenos ou de difícil acesso, inacessíveis para os agentes, ampliando o alcance da intervenção^{11,12,14}. O piriproxifeno é um regulador de crescimento de insetos que atua inibindo a emergência de mosquitos adultos¹⁴. Formulações de liberação lenta desse composto, como resinas impregnadas, têm sido desenvolvidas com o objetivo de prolongar o efeito

residual, reduzindo a necessidade de reaplicações frequentes. O produto demonstrou ter uma atividade residual superior a seis meses, maior que intervalo de visitas recomendado pelo Ministério da Saúde^{14,15,16,17}.

Outra ferramenta amplamente utilizada no controle larvário é o Spinosad, um larvicida de origem biológica derivado da bactéria *Saccharopolyspora spinosa*. As espinosinas, classe à qual o Spinosad pertence, são classificadas como grupo 3 (moduladores alostéricos dos receptores nicotínicos de acetilcolina) pelo Comitê de Ação contra a Resistência a Inseticidas (IRAC), sendo considerado uma alternativa eficaz e ambientalmente segura para o controle de larvas de *Aedes*^{18,19}.

As estratégias do Programa Nacional de Controle da Dengue (PNCD) não têm alcançado os resultados esperados, fato evidenciado pelo aumento de municípios infestados pelo mosquito e pela elevação no número de casos e epidemias recorrentes de arboviroses. Essa situação exige investimento em novas ferramentas, metodologias e estratégias para o controle do vetor^{3,20}.

O município de Pará de Minas, Minas Gerais, tem registrado sucessivas epidemias de dengue, como observado em 2015, 2017, 2019, 2020 e 2023. O controle vetorial no município segue as diretrizes do PNCD3, contudo, a recorrência de epidemias evidencia limitações das estratégias convencionais. Nesse cenário, torna-se fundamental a avaliação, em condições de campo, de ferramentas complementares de controle do *Ae. aegypti*. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar a utilização integrada de estratégias de controle vetorial, visando contribuir para a redução da população local do mosquito.

MÉTODOS

O estudo foi realizado em Pará de Minas (19° 51' 36" S, 44° 36' 28" O). O município possui uma área de 551,247 km², com 9,9 km² situados no perímetro urbano, e possui população de aproximadamente 113.000 habitantes, 83.000 imóveis cadastrados e 94,4% dos domicílios com saneamento adequado²¹.

Pará de Minas foi selecionado com base em critérios entomológicos, epidemiológicos e operacionais: taxa de infestação predial superior a 1% para *Ae. aegypti* no período de 2017 a 2019; ocorrência de epidemias de arboviroses entre 2017 e 2019; equipe local com número suficiente de ACEs e supervisores de campo; receptividade dos gestores e da administração municipal.

Diferentes ingredientes ativos com ação larvicida foram utilizados. O piriproxifeno foi empregado em uma matriz polimérica circular com 5,5 cm de diâmetro e concentração de 2% peso/peso do ingrediente ativo. Esse produto possui liberação lenta, utilizando um disco de resina para o tratamento de recipientes com água entre 40 e 500 litros^{14,16,17,22}.

3 Combinação de métodos de controle para *Aedes aegypti*

O piriproxifeno também foi empregado em estações disseminadoras compostas por potes feitos de polímero preto, com o interior forrado com tecido não tecido (TNT) da mesma cor. Em seu interior, foram adicionados diretamente 2 mL de piriproxifeno CE 10% a 3L água contida nas estações.

O Spinosad foi empregado como a metodologia padrão. A formulação DT, composta por comprimidos solúveis, contendo 7,48% de ingrediente ativo na forma de comprimidos de 1,35g. Esses comprimidos possuem duas camadas: uma efervescente para ação imediata e uma de liberação lenta para ação residual^{18,19}.

Bacillus thuringiensis, variedade israelense, foi utilizado na concentração de 5 mg/litro, aplicado concomitantemente nos criadouros tratados com piriproxifeno que apresentavam larvas no momento do tratamento. Isso foi feito para que os moradores não eliminassem os criadouros após verificarem a presença de larvas no início dos experimentos, já que o piriproxifeno não mata as larvas, apenas não as deixa se desenvolverem até a fase adulta. O Bti é um larvicida recomendado para uso em água potável, que, quando ingerido pelas larvas de mosquito, rompe a parede intestinal, causando a morte da larva em até 24 horas^{3,15,23, 24}.

Nove bairros foram selecionados com base nos critérios entomológicos e epidemiológicos. Esses bairros foram agrupados em quatro áreas não contíguas com características geográficas e ambientais semelhantes. Entre elas, três áreas foram selecionadas para avaliar as estratégias EDL e disco de resina, as quais foram implementadas de dezembro de 2020 a dezembro de 2021.

Foi designada uma Área Controle (AC), composta pelo bairro Recanto da Lagoa onde foram mantidas as ações rotineiras recomendadas pelo Ministério da Saúde para o controle do *Ae. aegypti*⁷. O Spinosad foi utilizado para o tratamento de criadouros contendo água no momento da visita do agente os quais não pudessem ser eliminados, independentemente da capacidade volumétrica. O tratamento dos criadouros com Spinosad foi realizado de outubro de 2020 a fevereiro de 2022. Na AC, foram utilizados 7503,4 comprimidos de Spinosad durante o período do estudo, aplicados em 12.153 depósitos em 7.884 propriedades.

A Área de Intervenção 1 (AI1) incluiu o bairro Padre Libério, onde foram instaladas as EDLs, com uma estação para cada três casas, perfazendo um total de 367 EDLs instaladas. Antes da instalação, os moradores foram cadastrados e receberam panfletos com instruções sobre os cuidados com as estações disseminadoras. Os imóveis com EDLs foram visitados mensalmente, sendo o tecido trocado em março, agosto e novembro de 2021, e o larvicida reaplicado nestas mesmas datas.

A Área de Intervenção 2 (AI2) incluiu os bairros Grão-Pará, Paraíso, São Pedro e Novo Horizonte. Nessa área, depósitos de água com capacidade superior a 40 litros foram tratados com

disco de piriproxifeno, considerando uma resina para até 500 litros. Os depósitos que apresentavam formas imaturas nesta primeira inspeção foram tratados com Bti. Foram utilizados 289 discos de piriproxifeno em 228 depósitos e em 175 propriedades.

A Área de Intervenção 3 (AI7) compreendeu os bairros Conjunto Habitacional José Pereira Campos, São Cristóvão e Redentor. Nessa área, foram instaladas 367 EDLs, e os depósitos com capacidade superior a 40 litros foram tratados com um disco de piriproxifeno, considerando uma resina para até 500 litros, sendo utilizadas 397 resinas em 288 depósitos. Bti foi aplicado seguindo os mesmos procedimentos utilizados na AI2.

Antes do início da fase de campo, a equipe da Secretaria Municipal de Saúde de Pará de Minas participou de treinamento, que abrangeu os procedimentos de montagem, instalação e manutenção das ovitrampas e das estações disseminadoras, as explicações detalhadas sobre o uso de larvicidas assim como os procedimentos para registro de dados. O treinamento abordou ainda a interação com os moradores, que assinaram termo de consentimento livre e esclarecido (anexo 1) e, também identificação dos depósitos tratados.

O estudo utilizou ovitrampas para avaliar a eficiência das estratégias de controle adotadas^{14,19}. Entre outubro de 2020 (Semana epidemiológica 43/2020) e fevereiro de 2022 (semana epidemiológica 8/2022), foram instaladas 251 ovitrampas em todas as áreas de estudo, resultando em um esforço amostral total de 8.565 ovitrampas. Essas armadilhas consistem em recipientes plásticos escuros com capacidade de 800 mL e furos nas laterais para evitar transbordamento e perda de ovos devido à eclosão. Cada ovitrampa continha uma palheta de madeira (Eucatex) medindo 3x12 cm, que servia como substrato de oviposição. Ovitrapas e palhetas foram identificadas com números sequenciais para cada área. Cada armadilha foi preenchida com 300 mL de água e 1 mL de uma solução atrativa de levedura de cerveja (seis gramas de levedura de cerveja homogeneizadas em 50 mL de água), criando uma concentração final de 0,04%^{19, 20}.

Em todas as áreas, as ovitrampas foram instaladas na área externa das propriedades, em locais sombreados e com pouco fluxo de pessoas, protegidas da chuva e de animais, a uma altura aproximada de 0,8 a 1,5 metro do solo. Foi mantida uma distância de 200 metros entre as armadilhas, as quais foram inspecionadas uma vez por semana.

As palhetas coletadas foram encaminhadas ao laboratório para contagem dos ovos e posterior tabulação dos dados. Com base nessas informações, foram calculados os seguintes índices entomológicos: o Índice de Positividade de Ovitrapas (IPO), correspondente à proporção de armadilhas positivas em relação ao total de armadilhas examinadas, o qual expressa a distribuição espacial da infestação na área estudada; o Índice de Densidade de Ovos (IDO), definido como o número médio de ovos por armadilha positiva, refletindo a intensidade

4 Combinação de métodos de controle para *Aedes aegypti*

de oviposição e, indiretamente, a densidade de fêmeas na localidade; e o Índice Médio de Ovos (IMO), que corresponde ao número médio de ovos por armadilha examinada, positiva ou negativa, indicando a densidade média de ovos e permitindo comparações espaciais e temporais da infestação.

As localizações das armadilhas e dos depósitos tratados foram registradas por GPS e processadas em um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Mapas de calor foram criados para visualizar a densidade de ovos, usando a biblioteca JavaScript do Google Maps. Os dados de coordenadas de cada ovitrampa foram usados para plotar pontos no mapa, representando suas localizações exatas. A densidade de ovos foi analisada usando uma estimativa por Kernel.

Foram utilizados dois testes estatísticos não paramétricos, o teste U de Mann-Whitney e a correlação de Spearman (ρ), com o objetivo de comparar os índices entomológicos obtidos em cada área. O nível de significância adotado foi $p < 0,05$. Todas as análises foram realizadas utilizando o programa SPSS para Windows versão 16.0 SPSS Inc, Chicago, EUA).

RESULTADOS

Das 8.565 ovitrapas instaladas, 6.202 foram positivas, e 413.407 ovos foram coletados nas quatro áreas.

Os resultados encontrados com base na correlação de Spearman mostraram que há uma associação positiva e significativa entre os índices entomológicos das áreas AI1, AI2 e AI3 e a Área Controle (AC). O IPO apresentou os valores mais altos de correlação, sempre muito fortes, variando de 0,885 (AI1) a 0,912 (AI2), todos com $p < 0,0001$. O IMO também teve correlações fortes e significativas, especialmente para AI2 ($\rho = 0,830$), seguido da AI1 ($\rho = 0,769$) e da AI3 ($\rho = 0,747$). Já o IDO mostrou correlação forte em AI1 e AI2 ($\rho = 0,786$ e $0,775$, respectivamente), e moderada em AI3 ($\rho = 0,593$), ainda assim com significância estatística. Esses dados indicam que, mesmo com intervenções, os padrões dos índices entomológicos nas

áreas estudadas acompanharam de forma consistente, os da AC ao longo do período analisado, reforçando a similaridade nas dinâmicas populacionais do vetor.

A comparação dos índices entomológicos entre as AI e a AC não revelou diferenças estatisticamente significativas entre AI1 e AI3 em relação à AC. No entanto, AI2 apresentou valores significativamente maiores para IPO ($p = 0,032$), IMO ($p < 0,0001$) e IDO ($p < 0,0001$) em comparação à AC (Tabela 1).

Na análise mensal dos índices, o IPO não apresentou diferenças significativas para AI1 e AI3 quando comparadas à AC na maior parte dos meses estudados. Contudo, AI1 apresentou valores medianos de IPO significativamente maiores que a AC em agosto ($p = 0,009$) e setembro ($p = 0,043$) de 2021. AI2 mostrou valores de IPO significativamente maiores em janeiro ($p = 0,021$), março ($p = 0,037$) e setembro ($p = 0,043$) de 2021. Em AI3, a diferença significativa nos valores de IPO em relação à AC foi observada apenas em dezembro ($p = 0,05$) (Tabela 2).

Para o índice IMO, as medianas em AI1 foram significativamente maiores que as da AC em agosto ($p = 0,028$) e setembro ($p = 0,043$). AI2 apresentou valores de IMO significativamente maiores que a AC em fevereiro ($p = 0,021$), março ($p = 0,023$), abril ($p = 0,020$) e setembro ($p = 0,043$). Enquanto a AI3 não mostrou diferenças significativas em nenhum mês (Tabela 3). Para o índice IDO, não houve diferença significativa entre a AC e a AI1. A AI2 teve medianas maiores em fevereiro, março e abril ($p = 0,021$). Por outro lado, AI3 apresentou medianas significativamente menores que a CA em maio e agosto ($p = 0,028$) (Tabela 4).

As análises dos mapas de calor indicam uma redução na concentração de ovos ao longo do estudo, com um rápido aumento observado nos meses seguintes à aplicação dos métodos de controle (Figura 1). Contudo, em AI1 e AI2, houve meses em que as concentrações de ovos atingiram níveis críticos, indicados pelas cores mais quentes nos mapas de calor. Esse aumento não ocorreu na AC, nem foi observado em AI3.

Tabela 1. Comparação entre as Áreas de Intervenção e a Área Controle com base nos índices entomológicos avaliados de dezembro de 2020 a dezembro de 2021. Pará de Minas, MG, Brasil.

	IPO		IMO		IDO	
	Mediana (IIQ)	p-valor*	Mediana (IIQ)	p-valor	Mediana (IIQ)	p-valor
AC	76,7 (54,7-85,7)		31,5 (21,0-51,2)		44,4 (33,3-59,6)	
AI1	75,0 (59,3-92,3)	0,229	37,4 (18,6-63,0)	0,215	50,1 (32,5-77,7)	0,489
AI2	82,8 (64,2-95,4)	0,032	69,6 (31,9-101,9)	<0,0001	78,1(43,7-115-3)	<0,0001
AI3	79,3 (61,0-93,6)	0,107	30,1 (17,6-53,4)	0,959	41,0 (27,5-62,1)	0,574

AC = Área Controle; AI = Área de Intervenção; IPO – Índice de Positividade de Ovitrapas; IMO – Índice Médio de ovos; IDO – Índice de Densidade de Ovos; IIQ – Intervalo Interquartil

*teste Mann-Whitney U

Tabela 2. Índice de Positividade de Ovitrapas (IPO): mediana, Intervalo Interquartil (IIQ) e teste U de Mann-Whitney para as comparações entre as áreas estudadas

Mês/ano	AC		AI1		p-valor	AI2		p-valor	AI3		p-valor
	Mediana	IIQ	Mediana	IIQ		Mediana	IIQ		Mediana	IIQ	
Dez/20	60,2	n/a	66,3	n/a	0,439	96,7	75,0-96,8	0,083	65,8	n/a	1,000
Jan/21	83,2	71,8-85,1	84,9	70,9-95,0	0,773	91,9	87,7-98,5	0,021	95,3	80,9-96,9	0,149
Fev/21	87,5	81,4-97,3	93,3	n/a	0,289	98,4	81,0-100,0	0,554	93,5	88,0-96,0	0,386
Mar/21	95,7	92,5-96,9	96,3	n/a	0,280	100,0	97,8-100,0	0,037	96,7	n/a	0,348
Abr/21	92,6	91,5-93,6	95,8	n/a	0,471	95,4	91,2-99,3	0,243	96,4	n/a	0,471
Mai/21	77,3	75,3-90,2	88,0	46,9-88,9	0,917	93,9	88,0-94,1	0,116	80,0	76,7-93,6	0,600
Jun/21	67,8	57,6-78,3	56,6	49,6-81,2	0,386	81,5	71,1-82,2	0,149	79,3	73,4-84,5	0,146
Jul/21	55,6	40,0-72,3	56,3	41,3-71,1	1,000	46,9	38,2-62,5	0,384	58,6	34,8-69,1	1,000
Ago/21	35,6	34,9-38,9	59,1	51,8-65,8	0,009	46,9	31,9-53,1	0,115	29,2	24,6-51,1	0,600
Set/21	52,1	42,4-57,7	66,7	58,0-73,3	0,043	73,8	59,1-77,8	0,043	51,6	43,6-71,1	0,564
Out/21	65,1	52,3-74,4	71,4	58,1-72,0	0,465	60,0	51,3-79,0	0,917	63,0	57,8-75,6	0,602
Nov/21	77,3	68,7-78,6	92,2	68,0-95,0	0,245	71,7	63,0-90,4	0,561	79,3	72,4-86,2	0,557
Dez/21	79,1	n/a	89,8	n/a	0,083	83,3	n/a	0,275	89,3	n/a	0,050

AC = Área Controle; AI = Área de Intervenção; IIQ = 25%-75% Intervalo Interquartil; n/a = não aplicável

Tabela 3. Índice Médio de Ovos (IMO): mediana, Intervalo Interquartil (IIQ) e teste U de Mann-Whitney para as comparações entre as áreas estudadas.

Mês/ano	AC		AI1		p-valor	AI2		p-valor	AI3		p-valor
	Mediana	IIQ	Mediana	IIQ		Mediana	IIQ		Mediana	IIQ	
Dez/20	23,3	n/a	31,8	n/a	0,121	77,5	n/a	0,083	65,3	n/a	0,083
Jan/21	49,6	32,0-74,9	63,0	n/a	0,724	108,6	69,7-162,3	0,083	50,4	45,9-102,9	0,564
Fev/21	42,6	32,0-50,0	55,5	n/a	0,077	91,6	66,4-130,4	0,021	52,6	38,5-78,4	0,248
Mar/21	47,2	30,0-77,5	56,9	51,4-68,5	0,386	125,0	119,7-152,4	0,023	56,7	38,1-83,1	0,386
Abr/21	57,3	47,5-68,5	49,1	41,3-61,6	0,248	99,6	83,4-128,5	0,020	52,2	34,8-67,4	0,564
Mai/21	35,9	27,1-70,9	30,8	17,9-41,7	0,347	69,9	63,9-91,9	0,076	25,3	23,2-29,3	0,076
Jun/21	21,2	12,3-37,4	9,1	7,2-24,8	0,083	43,7	33,1-63,6	0,083	23,9	18,5-29,4	0,773
Jul/21	14,1	5,6-28,5	14,6	10,1-17,5	1,000	6,6	4,8-37,3	0,564	17,3	13,7-22,1	0,773
Ago/21	6,9	6,1-7,4	16,8	10,4-20,9	0,028	12,3	6,9-20,5	0,075	5,1	3,7-7,6	0,463

	AC		AI1			AI2			AI3		
Set/21	18,4	15,3-26,1	30,8	23,6-33,2	0,043	32,3	28,7-56,5	0,043	17,0	13,3-22,1	0,386
Out/21	29,0	22,6-45	35,2	31,3-56,3	0,175	16,4	13,5-57,2	0,465	17,4	15,2-31,9	0,175
Nov/21	34,2	32,1-70,5	77,4	60,9-92,5	0,083	78,4	61,6-134	0,083	43,8	32,3-58,1	0,774
Dez/21	64,9	n/a	86,7	n/a	0,248	95,6	n/a	0,127	56,4	n/a	0,513

AC= Área Controle; AI = Área de Intervenção; IIQ = 25%-75% Intervalo Interquartil; n/a = não aplicável

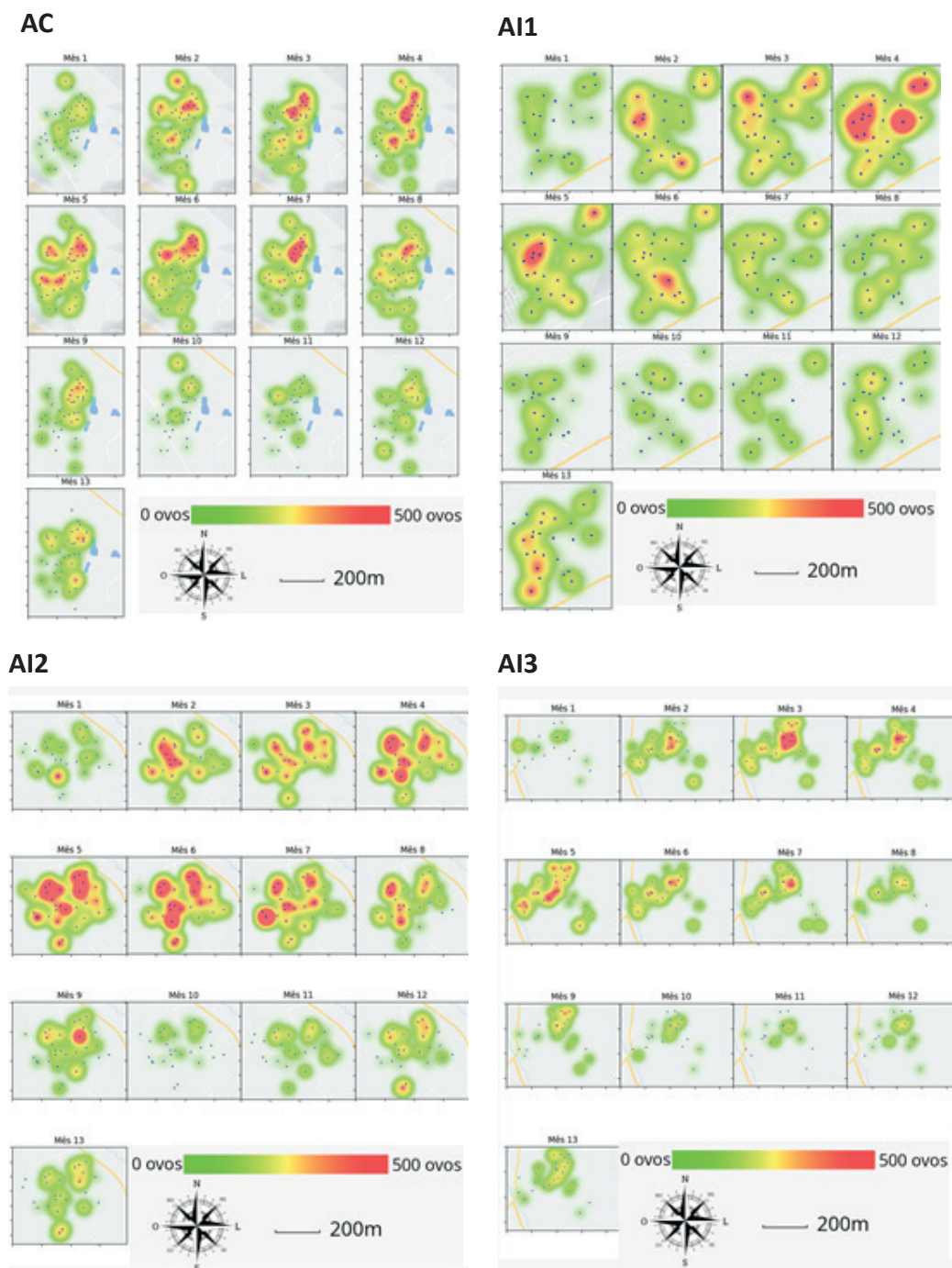
Tabela 4. Índice de Densidade de Ovos (IDO): mediana, Intervalo Interquartil (IIQ) e teste U de Mann-Whitney para as comparações entre as áreas estudadas.

Mês/ano	AC		AI1		p-valor	AI2		p-valor	AI3		p-valor
	Mediana	IIQ	Mediana	IIQ		Mediana	IIQ		Mediana	IIQ	
Dez/20	38,6	n/a	48,5	n/a	1,000	94,7	n/a	0,083	66,5	n/a	0,083
Jan/21	60,3	42,7-90,2	92,9	n/a	0,480	118,6	78-165,8	0,083	56,0	52,5-107,6	0,564
Fev/21	50,3	37,8-51,7	55,5	n/a	0,289	102,9	73,7-130,4	0,021	58,4	42,1-81,6	0,248
Mar/21	48,9	31,1-84,1	58,0	53,4-70,6	0,386	126,9	120,0-153	0,021	57,5	38,6-85,4	0,564
Abr/21	61,2	51,6-74,4	54,5	48,3-62,2	0,386	101,2	89,9-136,1	0,021	52,9	38-69	0,386
Mai/21	46,4	36,0-77,6	42,0	20,2-83,3	0,754	75,0	70,9-99,3	0,117	31,5	26,9-35,7	0,028
Jun/21	33,8	18,9-48,0	16,6	13,9-29,6	0,149	55,0	44,9-78,2	0,149	30,1	24-36,4	0,773
Jul/21	24,8	13,9-39,0	25,9	19,8-31,2	1,000	16,5	10,2-57,4	0,564	34,7	20,1-58,6	0,248
Ago/21	19,4	16,8-19,9	26,8	17,7-35,5	0,175	32,9	21,3-39,5	0,117	15,4	13,7-17,4	0,028
Set/21	38,9	29,1-51,1	44,9	40,5-46,7	0,773	50,2	37,4-82,3	0,248	27,8	24,3-47,7	0,248
Out/21	43,5	39,3-65,5	64,6	48,2-78	0,175	28,7	25,7-70,4	0,347	26,5	25,7-43,8	0,117
Nov/21	48,4	41,5-91,4	79,1	n/a	0,355	100,3	76,8-216,2	0,083	60,5	39,6-70,1	0,773
Dez/21	82,0	n/a	n/a	n/a	n/a	114,8	n/a	0,127	61,5	n/a	0,050

AC= Área Controle; AI = Área de Intervenção; IIQ = 25%-75% Intervalo Interquartil; n/a = não aplicável

7 Combinação de métodos de controle para *Aedes aegypti*

Figura 1. Mapas de calor indicando a concentração de ovos (IDO) na área controle e nas áreas de intervenção em Pará de Minas, Minas Gerais, Brasil, 2021/2022.



DISCUSSÃO

Diferentes abordagens para o controle de *Aedes aegypti* foram avaliadas em Pará de Minas, comparando-se índices entomológicos obtidos com ovitrampas. Os resultados evidenciam a elevada densidade populacional e a intensa atividade reprodutiva do vetor em todas as áreas estudadas, conforme indicado pela alta proporção de ovitrampas positivas (72,4%) e pelo elevado número de ovos coletados. Esses dados refletem não apenas a ampla distribuição do vetor em ambiente urbano, mas também sua elevada capacidade de adaptação e dispersão em busca de locais para oviposição^{6,22,26}.

Na AI1, onde foram utilizadas apenas as EDLs, as taxas de infestação foram geralmente muito próximas às da AC. Com um leve aumento na infestação em alguns meses, no entanto, as diferenças não foram significativas, demonstrando que estas armadilhas, podem manter taxas de infestação mais baixas. Estudos anteriores já demonstraram a eficácia dessas estações no controle de mosquitos do gênero *Aedes*^{14,27}.

A AI2 apresentou a maior diferença nos indicadores de infestação em comparação com a AC. Isso ocorreu porque somente os depósitos com capacidade acima de 40 litros foram tratados, embora o Bti tenha sido aplicado em depósitos contendo larvas, os quais não puderam ser eliminados na visita inicial. Os resultados mostraram que nenhum dos depósitos tratados positivou durante o estudo, exceto aqueles onde o morador havia removido a resina. Esse resultado sugere que o piriproxifeno é uma alternativa complementar eficaz para o controle, especialmente em áreas com depósitos maiores que 40 litros, tanto no nível do solo quanto elevados. Em um estudo multicêntrico realizado no Brasil, a atividade residual dessa nova formulação de piriproxifeno, independentemente das variações climáticas, nas cidades onde os testes foram realizados, foi superior a um ano, mostrando-se uma alternativa promissora para o controle do *Aedes*^{14,17}.

Na AI3, foram utilizadas duas metodologias combinadas: resinas de piriproxifeno em depósitos com capacidade acima de 40 litros e EDLs. Os resultados indicam que essa foi a estratégia mais eficaz, superando a área controle em alguns meses, como evidenciado pelos valores de IDO e IMO. Esta foi a primeira tentativa de utilizar essas ferramentas em conjunto.

A análise dos índices entomológicos revelou correlação positiva significativa, com variações semelhantes ao longo do tempo em todas as áreas. Isto indica que os fatores ambientais que influenciam a densidade vetorial afetaram simultaneamente as quatro áreas ao longo do estudo. Essa sincronia exclui a possibilidade de que as melhorias nos índices entomológicos numa AI tenham ocorrido devido a fatores microambientais pontuais, e não à aplicação das metodologias testadas. Essa sincronia é esperada do ponto de vista biológico, uma vez que a dinâmica populacional do vetor responde a condições ambientais comuns, como temperatura, umidade e precipitação^{6,28,29}.

As inferências baseadas nos valores medianos dos índices entomológicos indicam que as intervenções realizadas em AI1 e AI2 não foram tão eficientes quando comparadas a AC. No entanto, quando as duas intervenções foram utilizadas em conjunto na AI3, os índices entomológicos foram equivalentes aos da AC. Em alguns meses do período de intervenção, os índices da AI3 foram melhores do que os da AC. Isso sugere que o uso de duas metodologias combinadas para o controle vetorial pode ser uma estratégia bem-sucedida. Esses achados são corroborados pelo mapa de calor, que indica melhores taxas na AI3 e um aumento na concentração de ovos em todas as áreas durante o período pós-intervenção.

Novas metodologias para o controle de *Aedes* são necessárias para possibilitar o tratamento de criadouros e sejam menos dependentes de visitas domiciliares¹¹. Muitas propriedades permanecem sem tratamento por vários ciclos devido à ausência dos moradores durante o horário de atendimento dos agentes de combate a endemias (ACEs) ou por estarem desocupadas^{3,20,27}.

A escolha pelas ovitrampas para avaliar a infestação do vetor nas áreas do estudo baseou-se em sua simplicidade, versatilidade e baixo custo^{3,19,25}. As ovitrampas permitem o monitoramento em curto prazo, são de fácil manuseio e apresentam um melhor custo-benefício em comparação a outras ferramentas. Estudo recente empregou essas armadilhas para monitorar áreas com estações disseminadoras de larvicida (EDLs) no Rio de Janeiro/RJ¹⁴. Observou-se que a positividade das ovitrampas permaneceu elevada em alguns pontos do estudo, atingindo quase 100%, no entanto, houve uma queda na densidade de ovos em alguns períodos do estudo¹⁴.

Dois fatores dificultam o trabalho dos ACEs ao realizar tratamentos focais. O primeiro diz respeito ao comportamento do *Aedes*, como a oviposição do tipo “skip”, que resulta na utilização de uma grande variedade de recipientes^{13,26}. O segundo envolve os criadouros crípticos, que são difíceis de localizar ou acessar³. Portanto, testar as EDLs mostrou-se uma estratégia lógica, pois permite que o próprio mosquito dissemine o larvicida em locais de difícil acesso^{11,12}.

A Nota Informativa nº 37/2023 destaca a importância da estratificação intramunicipal de risco e a caracterização territorial, para enfrentar os desafios de saúde pública de forma inovadora e integrada³⁰. Assim, os dados sugerem que quanto mais semelhantes forem os índices de uma AI com àqueles observados na AC, mais eficaz será considerada biologicamente a intervenção. Este estudo demonstrou que o uso de duas metodologias distintas na mesma área pode controlar o vetor de forma eficaz. Apesar de os resultados terem mostrado que seriam necessárias duas estratégias para alcançar um bom nível de controle, a vantagem das estratégias combinadas é o maior tempo residual do piriproxifeno tanto nas EDLs, três meses, quanto nas resinas, seis meses^{14,17,27}.

CONCLUSÃO

As intervenções foram capazes de manter IPO, IDO e IMO iguais ou inferiores aos da Área Controle demonstram maior potencial de impactar, de forma duradoura, a dinâmica populacional do *Aedes*, contribuindo, de forma relevante, para a redução do risco de transmissão de arboviroses urbanas. Isso reforça a importância da implementação de estratégias de manejo

integradas, contínuas e adaptáveis, tendo em vista a elevada resiliência ecológica do mosquito e sua aptidão para rápida recuperação populacional.

AGRADECIMENTOS

Sumithomo do Brasil, Clarke Brasil, Equipe do Centro de Controle de Zoonoses de Pará de Minas.

REFERÊNCIAS

1. World Health Organization. Geographical expansion of cases of dengue and chikungunya beyond the historical areas of transmission in the region of the Americas [Internet]. Geneva: WHO; 2023 [cited 2024 Feb 7]. Disponível em: <https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2023-DON448>.
2. Lindsay SW, Wilson A, Golding N, Scott TW, Takken W. Improving the built environment in urban areas to control *Aedes aegypti*-borne diseases. Bull World Health Organ. 2017 Aug; 95(8): 607–8. doi: 10.2471/BLT.16.189688. PMID: 28804174; PMCID: PMC5537749.
3. Ministério da Saúde (BR). Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Diretrizes nacionais para prevenção e controle de epidemias de dengue. Brasília: Ministério da Saúde; 2009. (Série A).
4. Itoh T, Kawada H, Abe A, Eshita Y, Rongsriyam Y, Igarashi A. Utilization of bloodfed females of *Aedes aegypti* as a vehicle for the transfer of the insect growth regulator pyriproxyfen to larval habitats. J Am Mosq Control Assoc. 1994; 10: 344–7.
5. Abad-Franch F, Zamora-Perea E, Ferraz G, Padilla-Torres SD, Luz SL. Mosquito-disseminated pyriproxyfen yields high breeding-site coverage and boosts juvenile mosquito mortality at the neighborhood scale. PLoS Negl Trop Dis. 2015 Apr; 9(4): e0003702. doi: 10.1371/journal.pntd.0003702.
6. Abad-Franch F, Zamora-Perea E, Luz SLB. Mosquito-disseminated insecticide for citywide vector control and its potential to block arbovirus epidemics: entomological observations and modeling results from Amazonian Brazil. PLoS Med. 2017 Jan; 14(1): e1002213. doi: 10.1371/journal.pmed.1002213.
7. Barrera R. Recomendaciones para la vigilancia de *Aedes aegypti*. Biomédica [Internet]. 2016 [acesso dia mês ano]; 36(3): 454–62. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84347489015>
8. Pinto RA. Avaliação da eficácia de duas novas formulações de larvicida pyriproxyfen para o controle de *Aedes aegypti* usando estações de disseminação em dois locais da cidade do Rio de Janeiro do Instituto Oswaldo Cruz. Mem Inst Oswaldo Cruz. 2020; 115. Epub 2020 Oct 30.
9. Muller JN. Avaliação de larvicidas para o controle de *Aedes aegypti* e contribuições no conhecimento da dispersão de *Aedes albopictus* no estado do Amapá. Rio de Janeiro; 2024. 190 p.
10. Fay RW, Eliason DA. A preferred oviposition site as a surveillance method for *Aedes aegypti*. Mosq News. 1966; 26: 531–535.
11. Ministério da Saúde (BR), Fundação Nacional de Saúde. Instruções para Pessoal de Combate ao Vetor: Manual de Normas Técnicas [Internet]. 3. ed. Brasília: Ministério da Saúde; 2001 [citado 2025 Ago 27]. p. 46–51. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/dengue/man_dengue.pdf
12. Ministério da Saúde (BR), Fundação Nacional de Saúde. Programa Nacional de Controle da Dengue (PNCD) [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2002 [citado 2025 Ago 27]. 32p. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/dengue/pncd_2002.pdf/view.
13. Ministério da Saúde (BR), Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. Levantamento Rápido de Índices para *Aedes aegypti* (LIRAA): metodologia para avaliação dos índices de Breteau e Predial e tipo de recipientes [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2013 [citado. 2025 Ago 27]. 84p. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/bvsm/s/resource/pt/lil-750413>.
14. Fay RW, Perry AS. Laboratory studies of ovipositional preferences of *Aedes aegypti*. Mosq News. 1965; 25: 276–81.
15. Fay RW, Eliason DA. A preferred oviposition site as a surveillance method for *Aedes aegypti*. Mosq News. 1966; 26: 531–5.
16. Marques CC, Marques GR, Brito M, Santos-Neto LG, Ishibashi VC, Gomes FA. Estudo comparativo de eficácia de larvitrapas e ovitrapas para vigilância de vetores de dengue e febre amarela. Rev Saúde Pública. 1993; 27: 237–41.
17. Braga IA, Gomes AC, Nelson MM, Mello RC, Bergamaschi DP, Souza JMP. Comparative study between larval surveys and ovitraps to monitor populations of *Aedes aegypti*. Rev Soc Bras Med Trop. 2000 Jul-Ago; 33(4): 347–53.
18. Barbosa GL, Lage MO, Andrade VR, Gomes AH, Quintanilha JA, Chiaravalloti FN. Influência de pontos estratégicos na dispersão de *Aedes aegypti* em áreas infestadas. Rev Saúde Pública. 2019; 53: 29.
19. Sá AK, Gomes EJ, Barbosa IM, Frutuoso MN, Lyra MR, et al. Monitoramento de *Aedes aegypti* por ovitrapas e pelo método LIRAA em Salgueiro, Pernambuco, Brasil. Hygeia. 2019 Jun; 15(32): 134-148.
20. Monteiro FJ, Carvalho JC, Souto RN. Distribuição dos casos notificados de dengue e dispersão do *Aedes (Stegomyia) aegypti* entre 2011–2012 em Macapá, Amapá, Brasil. Entomotropica. 2014; 29(2): 95–103.
21. Ministério da Saúde [BR], Fundação Nacional de Saúde. Programa Nacional de Controle da Dengue (PNCD) [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2002 [citado 2025 Ago 27]. 32 p. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/dengue/pncd_2002.pdf/view.
22. Ministério da Saúde (BR), Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica. Diretrizes nacionais para prevenção e controle de epidemias de dengue [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2009 [citado 2025 Ago 27]. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/dengue/diretrizes_nacionais_prevencao_controle_dengue.pdf/view.
23. World Health Organization. Global strategy for dengue prevention and control 2012–2020 [Internet]. Geneva: WHO; 2012 [cited 2025 Jul 17]. Disponível em: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/75303/9789241504034_eng.pdf
24. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pará de Minas (MG): Cidades e Estados [Internet]. Rio de Janeiro: IBGE; 2022 [cited 2023 Jul 3]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/para-de-minas.html>.
25. Pará de Minas. Secretaria Municipal de Saúde. Sistema de Informação do Programa Nacional de Controle da Dengue (SISPNC) [Internet]. Pará de Minas: SMS; [cited 2023 Jul 3]. Disponível em: <http://vigilancia.saude.mg.gov.br/index>.

10 Combinação de métodos de controle para *Aedes aegypti*

php/dengue/.

26. Ministério da Saúde [BR], Secretaria de Atenção Primária à Saúde. Nota Técnica nº 10/2021: orientações sobre o acesso à saúde de pessoas migrantes, refugiadas e apátridas no âmbito da Atenção Primária à Saúde. Brasília: Ministério da Saúde; 2021 [acesso 2023 Set 30]. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/notas-tecnicas/2021>.

27. Ministério da Saúde (BR). Nota Técnica nº 39: Orientações sobre o uso do larvicida *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) para o controle de larvas de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2022 [cited 2024 Jul 2]. Disponível em: <https://dpej.rae.es/lema/documento-oficial> (<https://dpej.rae.es/lema/documento-oficial>).

28. Lacey LA. *Bacillus thuringiensis* serovariety israelensis e *Bacillus sphaericus* para controle de mosquitos. J Am Mosq Control Assoc. 2007; 23(2 Suppl): 133-163.

29. Codeço CT, Lima AW, Araújo SC, Lima JB, Maciel-de-Freitas R, Honório NA, et al. Surveillance of *Aedes aegypti*: comparison of house index with four alternative traps. PLoS Negl Trop Dis. 2015; 9: e0003475.

30. Seng CM, Setha T, Chanta N, Socheat D, Guillet P, Nathan MB. Inhibition of adult emergence of *Aedes aegypti* in simulated domestic water-storage containers by using a controlled-release formulation of pyriproxyfen. J Am Mosq Control Assoc. 2006; 22(1): 152–4.

31. Seng CM, Setha T, Nealon J, Socheat D, Nathan MB. Six months of *Aedes aegypti* control with a novel controlled-release formulation of pyriproxyfen in domestic water storage containers in Cambodia. Southeast Asian J Trop Med Public Health. 2008; 39(5): 822–6.

32. Oliveira AA, Maleck M. Ovitrapas para avaliação da presença de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* no município de Vassouras, Estado do Rio de Janeiro. EntomoBrasilis. 2014; 7(1):52–7.

33. Acioly RV. O uso de armadilhas de oviposição (ovitrapas) como ferramenta para monitoramento populacional do *Aedes* spp em bairros do Recife [dissertação]. Recife (PE): Fundação Oswaldo Cruz; 2006.

34. Borges PFC. Monitoramento e controle de mosquitos vetores: uma proposta para avançar no conhecimento e no controle de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* [tese]. Rio de Janeiro (RJ): Fundação Oswaldo Cruz; 2018.

Como citar este artigo/ How to cite this article:

Costa DP, Ázara TM, Nascimento AM, Alves LD, Duarte DF, Bauzer LG, et al. Avaliação da combinação de métodos de controle para *Aedes aegypti* (Díptera: Culicidae) em Pará de Minas, Minas Gerais, Brasil. J Health Biol Sci. 2026; 14(1): e6315