



Ministério da Saúde

**FIOCRUZ**  
**Fundação Oswaldo Cruz**  
Instituto Aggeu Magalhães

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ  
INSTITUTO AGGEU MAGALHÃES  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM BIOCÊNCIAS E  
BIOTECNOLOGIA EM SAÚDE

Maiara Santos de Menezes

**Aprimoramento e avaliação da armadilha BR-Adult para coletar adultos vivos e imaturos de *Aedes aegypti* e *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae)**

Recife

2022

Maiara Santos de Menezes

**Aprimoramento e avaliação da armadilha BR-Adult para coletar adultos vivos e imaturos de *Aedes aegypti* e *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae)**

Dissertação de Mestrado Acadêmico em Biociências e Biotecnologia em Saúde apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biociências e Biotecnologia em Saúde do Instituto Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, como requisito parcial para a obtenção do grau de mestre em Ciências.

Orientadora: Dra. Rosângela Maria Rodrigues Barbosa

Recife

2022

Título do trabalho em inglês: Improvement and evaluation of the BR-Adult trap to collect live and immature adults from *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae).

O presente trabalho foi realizado com apoio de Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) - Código de Financiamento 001.

M543a Menezes, Maiara Santos de.  
Aprimoramento e avaliação da armadilha BR-Adult para coletar adultos vivos e imaturos de *Aedes aegypti* e *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) / Maiara Santos de Menezes. -- 2022.  
111 p. : il.color, fotos.

Orientadora: Rosângela Maria Rodrigues Barbosa.  
Dissertação (Mestrado Acadêmico em Programa de Pós-graduação em Biociências e Biotecnologia em Saúde) - Fundação Oswaldo Cruz, Instituto Aggeu Magalhães, Recife, 2022.  
Bibliografia: f. 93-104.

1. *Aedes aegypti*. 2. Culicidae. 3. controle de vetores de doenças. I. Título.  
CDU 576.895

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da Rede de Bibliotecas da Fiocruz com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Bibliotecário responsável pela elaboração da ficha catalográfica: Adagilson Batista Bispo da Silva - CRB-1239  
Biblioteca Luciana Borges Abrantes dos Santos

Maiara Santos de Menezes

**Aprimoramento e avaliação da armadilha BR-Adult para coletar adultos vivos e imaturos de *Aedes aegypti* e *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae)**

Dissertação de Mestrado Acadêmico em Biociências e Biotecnologia em Saúde apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biociências e Biotecnologia em Saúde do Instituto Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, como requisito parcial para a obtenção do grau de mestre em Ciências.

Aprovado em: 13 de maio de 2022

BANCA EXAMINADORA

---

Dr<sup>a</sup>. Rosângela Maria Rodrigues Barbosa  
Instituto Aggeu Magalhães/Fundação Oswaldo Cruz

---

Dr<sup>a</sup>. Maria Alice Varjal de Melo Santos  
Instituto Aggeu Magalhães/Fundação Oswaldo Cruz

---

Dr<sup>a</sup>. Ana Paula de Araújo  
Instituto Aggeu Magalhães/Fundação Oswaldo Cruz

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, por todo o apoio emocional nesses tempos tão difíceis de pandemia;

Aos amigos queridos que me confortaram e acreditaram em mim quando eu não mais acreditei;

À Dra. Rosângela Barbosa pela orientação, paciência e acolhimento, e à Gabriel Faienstein pela parceria e suporte durante todo esse tempo enquanto fomos colegas de laboratório;

Agradeço à Andréa Sena, Tainá Santos e Bashir, pela amizade e assistência que me direcionaram, em todos os momentos em que precisei. Bem como agradeço aos meus colegas de turma Karina Baracho, Caroline Targino, Adriane Silva, Cícero, Victor Vaitkevicius, Helena Cândido, Luísa Inácio, Bruno César, Jaziela Medeiros, pelos momentos de estudos e descontração que tive o prazer de compartilhar com vocês.

Agradeço à minha psicoterapeuta Maria Beatriz, que nesse último ano e meio me deu suporte psicológico para que eu entendesse que sou muito mais que essa dissertação.

Agradeço ao meu psiquiatra Valter Pessoa, que me diagnosticou, medicou e cuidou com comprometimento e acolhimento.

Agradeço às minhas amigas e companheiras de militância e de vida Eloísa Amaral, Natasha Santiago, por toda partilha e apoio que me dedicaram nesse último ano.

Agradeço ao meu filho, Gael, pelo simples fato dele apenas existir nesse mundo e torná-lo 100% melhor pra mim, e dedico este trabalho, que fiz com muito sacrifício, inclusive perdendo momentos preciosos de seu crescimento e desenvolvimento, a ele.

## RESUMO

MENEZES, Maiara Santos de. Aprimoramento e avaliação da armadilha BR-Adult para coletar adultos vivos e imaturos de *Aedes aegypti* e *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). 2022. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Biociências e Biotecnologia em Saúde) - Instituto AggeuMagalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 2022.

As armadilhas para coleta de mosquitos atuais, em geral, não atendem ao requisito de coletar simultaneamente ovos e adultos vivos sem que dependa de uma fonte de energia elétrica, aspecto que limita o seu uso em Programas de Controle de Vetores. Diante disso, este estudo teve como objetivo avaliar o desempenho de um novo modelo de armadilha, BR-Adult, capaz de coletar ovos e adultos vivos de *A. aegypti* e *C. quinquefasciatus*. Ela foi confeccionada a partir de materiais plásticos de baixo custo, avaliada em condição simulada de campo e em Teste-Piloto de campo, nas dependências internas e externas do IAM, FIOCRUZ-PE. Nos testes de campo simulado a BR-Adult foi avaliada em suas três versões, comparada em versões distintas (versão 1 x versão 3) ou com a armadilha Double BR-OVT, ao longo de 20 meses. Para os testes eram liberados 50 fêmeas grávidas e 50 machos de *A. aegypti* e *C. quinquefasciatus*. Para os testes piloto em campo, foram selecionados seis pontos de instalação. As manutenções das armadilhas eram realizadas após um período de sete dias em campo. A água com Bti eram trocadas a cada 15 dias e as palhetas a cada sete dias. Os resultados das avaliações dos testes pareados BR-Adult (versão 1) versus Double BR-OVT, demonstraram que a Double BR-OVT foi mais eficiente na coleta de ovos e adultos. De um total de 3.449 ovos e 120 adultos coletados, a Double BR-OVT coletou 95% dos ovos ovipositados e 100% dos adultos aprisionados. Na comparação da BR-Adult (versão 3) com a Double BR-OVT, de um total de 8.021 ovos e 252 adultos coletados, a Double BR-OVT coletou 76% dos ovos ovipositados e 82% dos adultos aprisionados. Os resultados da avaliação do teste pareado BR-Adult (versão 1) versus BR-Adult (versão 3) demonstraram que a BR-Adult (versão 3) coletou mais imaturos e adultos. Um total de 3.693 ovos, 29 fêmeas e 3 machos de *A. aegypti* foram coletados, com média de 7,3 fêmeas, por repetição. Já a BR-Adult (versão 1) coletou 715 ovos, 15 fêmeas e 2 machos de *A. aegypti*, com média de 3,8 fêmeas, por repetição. Nos Testes-Piloto-IAM com a BR-Adult (versão 1) foram coletados 123 mosquitos adultos, destes, 34 fêmeas e 89 machos da espécie *C. quinquefasciatus*, e 11 ovos de *Aedes* spp. Com a BR-Adult (versão 2), os resultados de dezembro/2019 a março/2020 foram coletados 2351 ovos de *A. aegypti* apenas. De agosto a dezembro de 2020 foram coletados 2.532 ovos e 5 fêmeas de *A. aegypti*. De janeiro a abril de 2021 foram coletados 3.348 ovos e uma fêmea de *A. aegypti* e de *C. quinquefasciatus*. De maio a setembro de 2021, com BR-Adult, na versão 3, coletou 1.709 ovos de *Aedes* spp e 7 fêmeas de *A. aegypti*. Estes resultados permitem concluir que a armadilha BR-Adult foi capaz de coletar ovos e mosquitos adultos vivos de *A. aegypti* e *C. quinquefasciatus*, no entanto, sua baixa efetividade para a retenção dos mosquitos adultos, revela a necessidade de novos ajustes no instrumento, que permita uso em campo.

Palavras-chave: *Aedes aegypti*; Culicidae; controle de vetores de doenças.

## ABSTRACT

MENEZES, Maiara Santos de. Improvement and evaluation of the BR-Adult trap to collect live and immature adults from *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae), 2022 Dissertation (Academic Master's Degree in Biosciences and Biotechnology in Health) - Aggeu Magalhães Institute, Oswaldo Cruz Foundation, Recife, 2022.

Current mosquito collection traps, in general, do not meet the requirement of simultaneously collecting eggs and live adults without depending on a source of electrical energy, an aspect that limits their use in Vector Control Programs. Therefore, this study aimed to evaluate the performance of a new trap model, BR-Adult, capable of harvesting eggs and adults of *A. aegypti* and *C. quinquefasciatus*. It was made from low-cost plastic materials, evaluated in simulated field conditions and in a pilot field test, at the internal and external facilities of IAM, FIOCRUZ-PE. In the simulated field tests, BR-Adult was evaluated in its three versions, detected in different versions (version 1 x version 3) or with the Double BR-OVT trap, over 20 months. For the testicles, 50 pregnant females and 50 males of *A. aegypti* and *C. quinquefasciatus* were released. For pilot tests in the field, six installation points were selected. Trap maintenance was carried out after a period of seven days in the field. The water with Bti was changed every 15 days and the straws every seven days. The results of the estimates of the paired tests BR-Adult (version 1) versus Double BR-OVT, reinforced that the Double BR-OVT was more efficient in the collection of eggs and adults. From a total of 3,449 eggs and 120 adults collected, Double BR-OVT collected 95% of the oviposited eggs and 100% of the trapped adults. Comparing the BR-Adult (version 3) with the Double BR-OVT, from a total of 8,021 eggs and 252 adults collected, the Double BR-OVT collected 76% of the oviposited eggs and 82% of the trapped adults. The results of the evaluation of the paired test BR-Adult (version 1) versus BR-Adult (version 3) showed that the BR-Adult (version 3) collected more immatures and adults. A total of 3,693 eggs, 29 females and 3 males of *A. aegypti* were collected, with an average of 7.3 females per replicate. The BR-Adult (version 1) collected 715 eggs, 15 females and 2 males of *A. aegypti*, with an average of 3.8 females per repetition. In the Pilot-Tests-IAM with the BR-Adult (version 1) 123 adult mosquitoes were collected, of these, 34 females and 89 males of the species *C. quinquefasciatus*, and 11 eggs of *Aedes* spp. With BR-Adult (version 2), the results from December/2019 to March/2020 were collected 2351 *A. aegypti* eggs only. From August to December 2020, 2,532 eggs and 5 females of *A. aegypti* were collected. From January to April 2021, 3,348 eggs and one female of *A. aegypti* and *C. quinquefasciatus* were collected. From May to September 2021, with BR-Adult, in version 3, he collected 1,709 eggs of *Aedes* spp and 7 females of *A. aegypti*. These results allow us to conclude that the BR-Adult trap was able to collect eggs and live adult mosquitoes of *A. aegypti* and *C. quinquefasciatus*, however, its low effectiveness for the retention of adult mosquitoes, reveals the need for new adjustments in the instrument, that allows use in the field.

Keywords: *Aedes aegypti*; Culicidae; disease vector control.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ciclo biológico de <i>Aedes aegypti</i> .....	17
Figura 2 – Dimorfismo sexual .....	19
Figura 3 – Faixa de adequação de habitat de <i>Aedes aegypti</i> no mundo, e o risco de Infecção por dengue.....	22
Figura 4 – Criadouros naturais e artificiais preferenciais para <i>Aedes aegypti</i> .....	24
Figura 5 – Distribuição da taxa de incidência de dengue por município brasileiro no ano de 2020.....	26
Figura 6 – Distribuição potencial de <i>Culex quinquefasciatus</i> com base nas condições climáticas atuais .....	31
Figura 7 – Fêmea de <i>Culex quinquefasciatus</i> ovipondo.....	32
Figura 8 – Jangadas de <i>Culex quinquefasciatus</i> .....	32
Figura 9 – Forma adulta de <i>Culex quinquefasciatus</i> .....	33
Figura 10 – Criadouros preferenciais para <i>Culex quinquefasciatus</i> .....	34
Quadro 1 - Organismos utilizados como ferramentas biológicas de controle .....	41
Figura 11 – Predadores naturais de larvas de <i>Aedes aegypti</i> .....	41
Figura 12 – Modificações de vetores para redução populacional .....	43
Figura 13 – Ovitampa .....	45
Figuras 14 – Ovitampa autocida .....	46
Figura 15 – Desenho esquemático da BR-OVT .....	47
Figura 16 – Double BR-OVT .....	48
Figura 17 – Desenho esquemático da Double BR-OVT .....	48
Figura 18 – Larvitampa.....	49
Figura 19 – Aspiradores mecânicos para a coleta de mosquitos adultos .....	50
Figura 20 – New Jersey Light Trap.....	51
Figura 21 – CDC-Light Trap.....	51
Figura 22 – Armadilha para fêmeas grávidas de <i>Culex quinquefasciatus</i> .....	52
Figura 23 – Armadilha BG-S.....	53
Figura 24 – Adult Trap.....	54
Figura 25 – Gravid <i>Aedes</i> Trap.....	55
Figura 26 – Mosquitrap versão 2.0 .....	56
Figura 27 – Double Sticky Trap.....	57
Figura 28 – Sticky trap .....	58



Figura 29 – <i>Aedes</i> Trap .....	59
Figura 30 – Sala de experimentação comportamental Lêda Regis e André Furtado .....	69
Figura 31 – Fotografias ilustrativas das fêmeas de <i>A. aegypti</i> em alimentação sanguínea artificial .....	70
Figura 32 – BR-Adult desmontada, e suas partes.....	71
Figura 33 – Palhetas de Eucatex.....	72
Figura 34 – Descrição da BR-Adult (versão 3).....	73
Figura 35 – Foto das localizações das armadilhas em campo .....	68
Quadro 2 – Descrição dos pontos e localização das armadilhas em campo .....	75
Figura 36 – Média de fêmeas de <i>Cule quinquefasciatus</i> coletadas na BR-Adult e BR-OVT durante os ensaios de campo simulado.....	76
Figura 37 – Média de jangadas de <i>Culex quinquefasciatus</i> coletadas na BR-Adult e BR-OVT durante os ensaios de campo simulado.....	79
Figura 38 – Média de ovos de <i>A. aegypti</i> coletados na BR-Adult e BR-OVT durante os ensaios de campo simulado .....	80
Figura 39 – Média de fêmeas de <i>A. aegypti</i> coletadas na BR-Adult e BR-OVT durante os ensaios de campo simulado .....	80
Figura 40 - Número total de ovos coletados na avaliação da BR-Adult (versão 1) comparada à BR-Adult (versão 3), em campo simulado .....	81
Figura 41 - Número total de ovos coletados na avaliação da BR-Adult (versão 1) comparada à BR-Adult (versão 3), em campo simulado .....	82
Figura 42 – Número total de adultos de <i>A. aegypti</i> coletados na avaliação da BR-Adult (versão 1) comparada à BR-Adult (versão 3), em campo simulado.....	83

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número total de ovos e adultos coletados na avaliação da BR-Adult (versão 1) comparada com a BR-OVT, em campo simulado.....	77
Tabela 2 – Número total de ovos e adultos coletados na avaliação da BR-Adult (versão 3) em ensaios pareados, em campo simulado .....	78
Tabela 3 – Número total de ovos coletados na avaliação da BR-Adult (versão 1) comparada à BR-Adult (versão 3), em campo simulado .....	82
Tabela 4 – Número total de adultos coletados na avaliação da BR-Adult (versão 1) comparada à BR-Adult (versão 3), em campo simulado.....	83
Tabela 5 – Número de ovos e adultos coletados pela BR-Adult (versão 1) na avaliação de setembro a novembro de 2019, em campo .....	84
Tabela 6 – Número de ovos e adultos coletados pela BR-Adult (versão 1), na avaliação de, dezembro de 2019 a março de 2020, em campo .....	85
Tabela 7 – Número total de ovos e adultos coletados pela BR-Adult (versão 2), na avaliação de agosto de 2020 a dezembro de 2021, em campo.....	85
Tabela 8 - Número total de ovos e adultos coletados pela BR-Adult (versão 2), na avaliação de Janeiro de 2021 a abril de 2021, em campo.....	86
Tabela 9 - Número total de ovos e adultos coletados pela BR-Adult (versão 3), na avaliação de maio de 2021 a setembro de 2021, em campo .....	86

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**BG-GAT** – BG-Gravid *Aedes* Trap

**Bs** – *Lysinibacillus sphaericus*

**Bti** – *Bacillus Thuringiensis* var. *israelensis*

**CDC** – Centers for disease control and prevention

**CHIKV** – Chikungunya Vírus

**DDT** – dicloro-difenil-tricloro-etano

**DENV** – Dengue Vírus

**DSO** – Double Sticky trap

**GAT** – Gravid *Aedes* Trap

**IAM** – Instituto Aggeu Magalhães

**IB** – Índice de Brateau

**IGR** – Reguladores de crescimento do inseto

**IIP** – Índice de infestação predial

**IIT** – Técnica do inseto incompatível

**IP** – Ipojuca

**MIV** – Manejo integrado de vetore

**MORENAa** – Rede nacional de monitoramento da resistência do *A. aegypti*

**OMS** – Organização mundial de saúde

**OPAS** – Organização Panamericana de saúde

**OVT** – Ovitrapa

**PACS** – Programa de agentes comunitários de saúde

**PEAA** – Plano de erradicação de *Aedes aegypti*

**PIACD** – Plano de intensificação das ações de controle da dengue

**PNCD** – Programa Nacional de controle da dengue

**PSF** – Programa de saúde da família

**SCC** – Santa Cruz do Capibaribe

**SE** – Semana epidemiológica

**SIT** – Técnica do inseto estéril

**WHOPE** – Organization Pesticides Evaluation Scheme

**YFV** – Yellow Fever Vírus

**ZIKV** – Zika vírus

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2 MARCO TEÓRICO</b> .....	17
2.1 BIOLOGIA E ECOLOGIA DE CULICÍDEOS (DIPTERA: CULICIDAE) .....	17
2.2 <i>Aedes aegypti</i> (LINNAEUS, 1762) .....	20
<b>2.2.1 Biologia e ecologia</b> .....	19
<b>2.2.2 Comportamento de oviposição</b> .....	22
<b>2.2.3 Situação epidemiológica</b> .....	25
2.3 CONTROLE DE <i>Aedes aegypti</i> .....	26
<b>2.3.1 Controle de <i>Aedes aegypti</i> no Brasil</b> .....	28
2.3.1.1 Programa Nacional de Controle da Dengue (PNCD) .....	29
2.4 <i>Culex quinquefasciatus</i> (SAY, 1823).....	30
<b>2.4.1 Biologia e ecologia</b> .....	30
<b>2.4.2 Comportamento de oviposição</b> .....	33
<b>2.4.3 Importância epidemiológica</b> .....	34
<b>2.4.4 Controle de <i>Culex quinquefasciatus</i></b> .....	35
2.5 MÉTODOS DE CONTROLE.....	36
<b>2.5.1 Manejo integrado de vetores</b> .....	36
<b>2.5.2 Controle químico</b> .....	38
<b>2.5.3 Controle biológico</b> .....	40
<b>2.5.4 Controle genético</b> .....	42
<b>2.5.5 Controle mecânico</b> .....	44
2.6 INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA COLETAR CULICÍDEOS... ..	44
<b>2.6.1 Armadilhas para coletar formas imaturas</b> .....	45
<b>2.6.2 Instrumentos de busca ativa de culicídeos adultos</b> .....	49
<b>2.6.3 Instrumentos de busca passiva de culicídeos adultos</b> .....	50
<b>3 JUSTIFICATIVA</b> .....	61
<b>4 PERGUNTA CONDUTORA</b> .....	63
<b>5 HIPÓTESE</b> .....	65
<b>6 OBJETIVO GERAL</b> .....	67
6.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	67
<b>7 METODOLOGIA</b> .....	69
7.1 ÁREA DE ESTUDO .....	69

7.2 OBTENÇÃO DOS MOSQUITOS E REPASTO SANGUÍNEO PARA ENSAIOS E CAMPO SIMULADO .....	69
7.3 ARMADILHAS .....	70
<b>7.3.1 BR-Adult (versão 1) .....</b>	<b>70</b>
<b>7.3.2 BR-Adult (versão 2) .....</b>	<b>72</b>
<b>7.3.3 BR-Adult (versão 3) .....</b>	<b>73</b>
7.4 TESTES EM CONDIÇÕES SIMULADAS DE CAMPO .....	74
<b>7.4.1 Avaliação da eficácia da BR-Adult: Versão 1 comparada à Versão 3 .....</b>	<b>74</b>
<b>7.4.2 Avaliação da BR-Adult nas versões 1 e 3 comparadas à Double BR-OVT .....</b>	<b>74</b>
7.5 TESTE PILOTO EM CAMPO DA BR-ADULT: versão 1, 2 e 3 .....	75
7.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	76
<b>8 RESULTADOS .....</b>	<b>77</b>
8.1 AVALIAÇÕES EM CAMPO SIMULADO .....	77
<b>8.1.1 Desempenho da BR-Adult (versão 1) comparada à Double BR-OVT 77</b>	
<b>8.1.2 Desempenho da BR-Adult (versão 3) comparada à Double BR-OVT .....</b>	<b>77</b>
<b>8.1.3 Avaliação da eficácia da BR-Adult Versão 1 versus Versão 3.....</b>	<b>81</b>
8.2 AVALIAÇÃO DA BR-ADULT EM CAMPO: versões 1, 2 e 3 .....	83
<b>9 DISCUSSÃO .....</b>	<b>87</b>
<b>10 CONCLUSÕES.....</b>	<b>91</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>93</b>
<b>APÊNDICE A - ARTIGO: APRIMORAMENTO E AVALIAÇÃO DA ARMADILHA BR-ADULT PARA COLETAR ADULTOS VIVOS E IMATUROS DE <i>Aedes aegypti</i> E <i>Culex quinquefasciatus</i> (DIPTERA: CULICIDAE).....</b>	<b>105</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A faixa de distribuição global de arbovírus como dengue, Zika e chikungunya vem se expandindo, e em consequência disso estão ocorrendo surtos das infecções a elas associadas em muitas populações urbanas (BHATT, et al, 2013; NSOESIE, et al, 2015; MESSINA, et al, 2016). Aproximadamente metade da população mundial vive em áreas ambientalmente favoráveis para a transmissão da dengue, e sua incidência aumentou em 30 vezes nos últimos 50 anos. A Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que ela foi a doença número um dentre as dez ameaças mais significativas à saúde global em 2019 (WHO, 2019). No Brasil, o mosquito *Aedes aegypti* representa um desafio para a saúde pública (WHO, 2009), pois é considerado o vetor mais importante de arbovírus que causam doenças em humanos (MARCONDES; XIMENES, 2016; BEZERRA, et al., 2017). Só em 2021, da semana (SE) 1 a SE 46 (03/01/2021 a 24/07/2021), foram notificados 440.012 casos prováveis de dengue, 3.458 casos prováveis de zika e 66.713 casos prováveis de Chikungunya no país, sendo Nordeste a região com elevadas taxas para a última (BRASIL, 2021).

Apesar de todo o investimento realizado nas últimas décadas visando mitigar surtos de transmissão de arbovírus em populações urbanas de alguns países, através do controle vetorial, a grande maioria deles continua a presenciar uma forte infestação por *A. aegypti*, e o Brasil é um deles. A busca ativa por criadouros e a aplicação de larvicidas nos mesmos, são metodologias aplicadas na maioria dos programas de controle, se mostra ineficiente e insuficiente no que diz respeito ao controle vetorial (BARRETO *et al.*, 2011). Assim, o método de controle integrado, baseado no uso de diferentes estratégias adaptadas às situações locais, é cada vez mais indicado pela Organização Mundial Saúde (2017). Nesse sentido, destaca-se o método mecânico-comportamental, que consiste na utilização de alguns modelos de armadilhas para coletar mosquitos, têm auxiliado no monitoramento, na vigilância e no controle populacional de mosquitos (BARBOSA et al, 2007).

Baseadas na eco biologia da espécie-alvo, armadilhas de insetos são produzidas com bastante especificidade. Apresentam características fisicamente atrativas, baseadas principalmente quanto ao seu tamanho, cor e altura de sua instalação (BRAZIN; WILLIAN, 2018). Por vezes, armadilhas de mosquitos são associadas a atrativos químicos, a fim de aumentar sua eficiência (LEAL, 2008; BARBOSA; REGIS 2011). Os modelos de armadilhas para *A. aegypti* são baseadas na coleta de imaturos, como a ovitrampa (FAY; PERRY, 1965), e a larvitampa (BRASIL, 2018); e coleta de adultos, Mosquitrap (EIRAS, 2002), BG-Sentinel (KRÖCKEL et al., 2006); Gravid Aedes Trap (GAT) (EIRAS et al., 2014), entre outros. Nosso

grupo de pesquisa desenvolveu um novo modelo capaz de coletar ovos e adultos de mosquitos dos gêneros *Culex* e *Aedes*, a BR-OVT adesiva (XAVIER et al 2018; XAVIER, 2018).

Apesar da eficiência da BR-OVT adesiva em coletar mosquitos adultos, a cola entomológica inviabiliza o uso dos mosquitos coletados para o diagnóstico de arbovírus, portanto impossibilitando o aproveitamento da amostra para vigilância de arbovírus. No Instituto Aggeu Magalhães, o atual método empregado para a coleta de amostras de mosquitos em campo é a aspiração, utilizando aspiradores elétricos alimentados por baterias. Alguns modelos de armadilhas, como a BG-sentinel (KRÖCKEL et al. 2006), desenhada para capturar fêmeas de *A. aegypti*, são de alto custo, e também necessitam de uma fonte de energia para seu funcionamento, o que limita seu uso em larga escala, sobretudo em países com baixas condições socioeconômicas.

Diante da necessidade de um instrumento que possa contribuir para o controle, monitoramento e vigilância do mosquito *A. aegypti*, e que possa ser usado em larga escala, sem a necessidade de uma fonte de energia, o presente estudo relata o aprimoramento um protótipo capaz de coletar ovos e adultos vivos de *A. aegypti*, confeccionado com materiais de baixo custo e independe de energia.

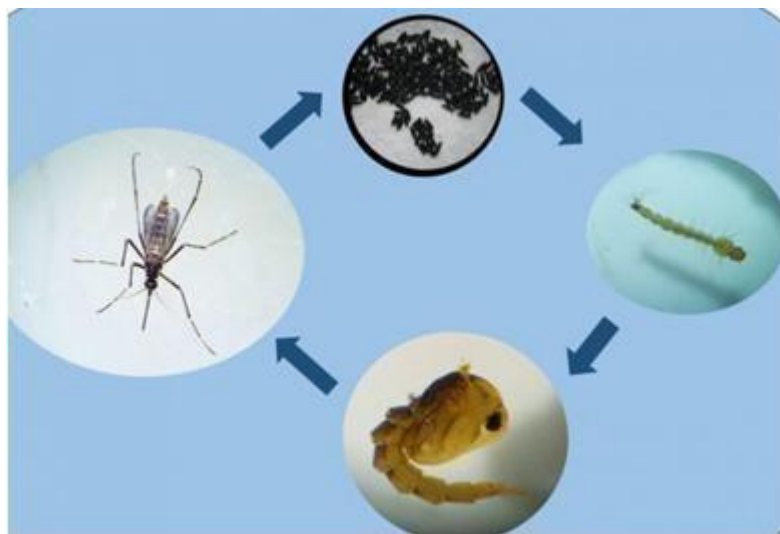
## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 BIOLOGIA E ECOLOGIA DE CULICÍDEOS (DIPTERA: CULICIDAE)

A família Culicidae pertence à ordem Diptera, classe Insecta, possui uma alta biodiversidade composta por mais de 3.570 espécies, classificadas em três subfamílias e 113 gêneros (BARRETO, 2019). Os culicídeos estão distribuídos por todo o globo, possuem alta plasticidade, adaptam-se a uma variedade de ambientes, desde habitats silvestres, a ambientes urbanizados. Entre os seus representantes estão os gêneros *Aedes*, *Culex*, *Anopheles* e *Mansonia*, os quais estão envolvidos na transmissão de patógenos de relevância médica, causando doenças como dengue, chikungunya, Zika, filariose linfática bancroftiana, malária e encefalite e outras, em humanos e animais (RUEDA, 2007; FORATTINI, 2002; MARCONDES; XIMENES, 2016; BEZERRA, et al., 2017).

Conhecidos também como pernilongo, muriçoca ou carapanãs, a depender da região, mosquitos são insetos de desenvolvimento holometábolo, ou seja, passam por uma metamorfose completa durante seu ciclo de vida que compreende quatro estágios: ovo, larva, pupa, e por fim, o inseto adulto, o único adaptado ao ambiente terrestre, os três primeiros dependem e possuem estruturas próprias para ambientes aquáticos (CONSOLI; LOURENÇO DE OLIVEIRA 1994). (Figura 1)

Figura 1 - Ciclo biológico de *Aedes aegypti*



Fonte: Adaptado de Carvalho e Moreira (2017)

Os ovos dos culicídeos apresentam forma alongada, simetria bilateral, coberto por três



camadas envoltórias. A mais interna envolve o núcleo, o citoplasma e o vitelo, uma intermediária, chamada endocório, se apresenta de forma mais endurecida e grossa, e o exocório, constitui a camada mais externa. Essas camadas estão dispostas e possuem propriedades com a finalidade de fornecer proteção mecânica, manutenção da hidratação e passagem de gases respiratórios (CONSOLI; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, 1994, CLEMENTS, 1996). Nos gêneros *Culex*, *Mansonia* e *Anopheles*, por exemplo, os ovos são postos na superfície da água, de forma agrupada. Para ovos de *Culex*, dá-se a de jangadas (do inglês *rafts*) (CLEMENTS, 1992), diferentemente dos gêneros *Aedes*, *Ochlerotatus*, *Haemagogus* e *Psorophora*, por exemplo, que apresentam o comportamento ovipositar em substratos úmidos, fora da água, em criadouros potencialmente inundáveis (NATAL, 2002).

No estágio larval, que é essencialmente aquático, o mosquito imaturo passa por quatro estádios de desenvolvimento designados L1, L2, L3 e L4. As larvas alimentam-se por meio de processo filtrante e de coleta de partículas, também mordendo e raspando substratos e organismos presentes em seu meio, e, em algumas espécies até predação (FORATTINI, 1994). As larvas dos culicíneos respiram através de uma estrutura chamada sifão respiratório, localizado no oitavo segmento abdominal de seu corpo, o que as obriga a permanecer quase todo o tempo na interface aquática/aérea (FORATTINI, 2002). Por outro lado, indivíduos da tribo *Mansoniini*, permanecem constantemente dentro da água, pois retiram oxigênio diretamente de raízes de plantas submersas, através do sifão perfurante (D'AVILA; GOMES, 2013). O crescimento larval varia entre 8 e 10 dias, em condições normais (entre 20°C e 30°C) (FORATTINI, 1994; CLEMENTS, 2000; NATAL, 2002).

Suas formas adultas apresentam, dimorfismo sexual, sendo os machos morfologicamente distintos das fêmeas, apresentando antenas plumosas, enquanto as fêmeas apresentam antenas pilosas (Figura 2) (FORATTINI, 2002), seus corpos são alongados, divididos em cabeça tórax e abdome, apresentando dois olhos compostos, um par de asas, um par de antenas e seis pernas. Seu aparelho bucal é do tipo picador/sugador, termo esse direcionado para a maioria das fêmeas dessa família. Machos e alguns grupos, podem ser considerados sifonador-sugadores, por manterem um hábito alimentar fitófago. (CLEMENTS, 1992; FORATTINI, 2002).

Figura 2 – Dimorfismo sexual



Fonte: Adaptada de Goeldi (1905)

Legenda: A – Macho *A. aegypti*; B – Fêmea *A. aegypti*;

Tanto os machos quanto as fêmeas, alimentam-se de soluções açucaradas, que lhes conferem energia para a manutenção de seu metabolismo. Exemplos de fontes de carboidrato são néctar e exudados de flores e frutos (CONSOLI; LOURENÇO DE OLIVEIRA 1994; FORATTINI, 2002). No entanto, com exceção do gênero *Toxorhynchitinae*, cujas fêmeas são fitófagas (ALMEIDA, 2011), fêmeas dos mosquitos anautógenos dessa família necessitam de produtos resultantes da digestão do sangue para aumentar sua sobrevivência e para maturar seus ovos (BARATA *et al.*, 2001). O período que se inicia pela prática do repasto sanguíneo, até o momento da oviposição, é chamado de ciclo gonotrófico (FORATTINI, 1996).

Esse período também diz respeito ao número de vezes que o mosquito busca o hospedeiro para a realização do repasto sanguíneo, esse contato vetor-hospedeiro confere-lhes um papel epidemiológico na transmissão de patógenos. Para algumas espécies de culicídeos é comum o hábito de buscar repasto sanguíneo mais de uma vez durante um único ciclo gonotrófico (KLOWDEN; BRIEGEL, 1994). Barata *et al.* (2001), observaram em seu estudo que *A. aegypti* apresenta discordância gonotrófica, ou seja, necessita de mais de um repasto sanguíneo para a maturação ovariana completa, tanto em condições de laboratório, quanto em populações de campo. Esses dados são corroborados por Valle, *et al.*, 2015, que afirma existir variáveis que contribuem para esse comportamento, tais como a interrupção do repasto por movimento do hospedeiro, bem como nutrição deficiente na fase larval ou do próprio sangue que está sendo ingerido. Esses fatores levarão o mosquito a realizar novas buscas por uma fonte sanguínea. Outro fator determinante para importância do culicídeo como vetor de patógenos é a sua preferência por sangue de animais (zoofilia), ou de humanos (antropofilia) (ALMEIDA, 2011), ganhando mais importância nesse quesito as espécies antropofílicas.

## 2.2 *Aedes aegypti* (LINNAEUS, 1762)

### 2.2.1 biologia e ecologia

O gênero *Aedes*, da subfamília Culicinae e tribo Aedini, compreende mais de 900 espécies, que se distribuem dentro 44 subgêneros, apresentando uma distribuição global. Atualmente sabe-se da existência de 9 subgêneros presentes nas Américas, dentre ele o *Stegomyia*, fazendo parte da culicidofauna neotropical, região que compreende a América do Sul e a Central (CONSOLI; LOURENÇO DE OLIVEIRA 1994).

Embora vindo do velho mundo, onde foi descrito inicialmente por Linnaeus, 1762, *Aedes aegypti* é considerada uma espécie invasora, está bem disseminado ao redor do mundo e intimamente habituado aos seres humanos, com maior ocorrência nas regiões tropicais e subtropicais. Presente também em áreas temperadas, com temperaturas inferiores a 14°C (CONSOLI; LOURENÇO DE OLIVEIRA 1994; LIMA, 2017; POWELL, 2016; CHANAMPA, *et al.*, 2018).

A duração de seu ciclo biológico está fortemente ligada a temperatura (BESERRA; CASTRO, 2008), e se divide em quatro etapas: ovo, larva, pupa e mosquito adulto (CONSOLI; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, 1994). Em um período de vida que dura em torno de 45 dias, fêmeas dessa espécie podem ovipositar cerca de 120 a 200 ovos (FORATTINI, 2002). Os ovos são postos individualmente e apresentam uma textura mole e cor clara, tornando-se rígido e escuro pouco tempo após a postura. A rigidez confere maior proteção contra danos mecânicos, muito embora ainda permita trocas gasosas com o ambiente, além de manter a hidratação do ovo. Em associação com a camada externa do ovo dessa espécie existe uma substância colante a qual permite a fixação do mesmo ao substrato (CONSOLI; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, 1994; FORATTINI, 1996; SERVICE, 1996; CLEMENTS, 1992). O desenvolvimento do embrião dura de dois a três dias em condições ideais de umidade relativa do ar e temperatura, chegando a demorar 5 dias, em temperaturas e umidade relativa do ar muito baixas (MARZOCHI, 1994; NATAL 2002; EDGERLYJ; VDALHD, 1993; NELSON, 1986). Completado o período de embriogênese do ovo, que tem início logo após a sua postura (SHROYER; CRAIG, 1980), entrando em contato com o meio aquoso, o ovo eclode, dando origem ao embrião formado, a larva. O tempo transcorrido entre o estágio de ovo até a fase adulta varia em torno de 10 a 13 dias, segundo Forattini (1996). No entanto, ovos de *A. aegypti* podem entrar em estado de quiescência, fenômeno de dormência embrionária que lhes fornece resistência em condições adversas, por exemplo, altas temperaturas e baixa umidade relativa do

ar. Esse processo aumenta a viabilidade dos ovos, possibilitando sua permanência, por longos períodos, na natureza, e pode dificultar os caminhos para o controle de densidade populacional da espécie (CLEMENTS, 1992; DINIZ, 2018).

A larva possui um corpo vermiforme, composto de cabeça, tórax e abdome, e seu desenvolvimento compreende 4 estádios, alimentando-se por filtração de qualquer partícula orgânica em suspensão, bem como microorganismos, e respirando através de um sifão respiratório. Após completar todos os estádios, a larva se torna pupa, representada por um período de mais ou menos 2 dias, no qual o imaturo não se alimenta, embora continue se movimentando, até iniciar o processo de metamorfose e tornar-se adulto. (FORATTINI, 2002; CONSOLI; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA; MARZOCHI, 1994).

Sua forma adulta possui o corpo coberto por escamas, que variam entre cores escuras e claras, com manchas brancas nas bases dos segmentos tarsais, e no dorso do tórax estão dispostas linhas que formam um desenho semelhante a uma “lira” (Figura 3) (FORATTINI, 2002).

O ancestral de *A. aegypti*, hoje chamado de *A. aegypti formosus* é natural da África subsaariana, apresentando diferenças, tanto morfológicas, quanto fisiológicas e comportamentais. No ambiente silvestre, as fêmeas usam criadouros naturais, como por exemplo, ocos de árvores, alimentando-se da fauna local (CRISTOPHERS, 1960, TABACHNICK, 1991;). Provavelmente, sua introdução nas américas ocorreu de forma passiva, por meio do transporte de pessoas traficadas em navios, dentro de barris de água, vindos do continente africano entre os séculos XV e XVII. Esses navios ofereciam condições ideais para a sobrevivência do mosquito, dada a existência do armazenamento de água, além da aglomeração de pessoas e condições de temperatura e umidade relativa do ar ideais (BRÉS, 1986; TABACHNICK, 1991; SILVA et al., 1993; LOPES e SILVA, 2019, CRISTOPHERS, 1960).

O forte crescimento populacional sem a infraestrutura adequada, levou o homem a invadir o habitat natural do mosquito, processo que acelerou a domiciliação deste inseto. O mosquito que costumava alimentar-se do sangue de outras espécies de animais, depois da domiciliação passou a preferir sangue humano, pois está agora representa uma fonte alimentar mais disponível e estável. Estes fenômenos o puseram na rota de transmissão de patógenos os quais *A. aegypti* é vetor (POWELL; TABACHNICK, 2013), e possibilitou a disseminação rápida da espécie para regiões tropicais e subtropicais do globo (BROWN et al., 2014).

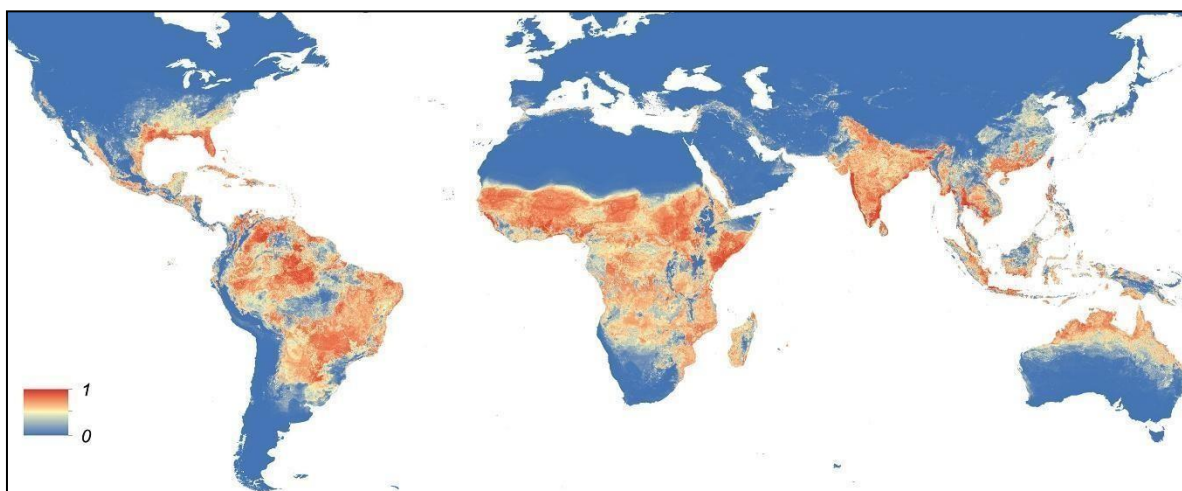
De hábito diurno, com picos de atividade no início da manhã e no final da tarde (CHRISTOPHERS, 1960), *A. aegypti* se tornou uma espécie extremamente sinantrópica e

antropofílica, adaptada ao modo de vida do homem urbano, apresentando comportamento endofílico, abrigando-se e alimentando-se preferencialmente dentro dos domicílios, contudo exercendo também a exofagia, hábito de alimentar-se no extradomicílio (CHRISTOPHERS, 1960, CONSOLI; LOURENÇO-DE- OLIVEIRA, 1994).

Condições climáticas como temperatura, precipitação, umidade relativa do ar, velocidade do vento (MIYAZAKI *et al.*, 2009), somadas a fatores socioeconômicos, tais como o crescimento urbano acelerado sem a infraestrutura necessária (TAUIL, 2001; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2009 ), descarte inadequado de resíduos sólidos com capacidade de acumular água, que, uma vez disponíveis no meio ambiente, representam criadouros em potencial para a espécie (MIYAZAKI *et al.*, 2009; BASSANI *et al.*, 2019). Além disso, a falta ou precariedade do sistema de saneamento básico, má distribuição de renda, baixa escolaridade das populações afetadas (FERREIRA *et al.*, 2009) e ausência de rede de abastecimento de água encanada (ASTROM *et al.*, 2013) oferecem ao *A. aegypti* condições ideais para seu sucesso reprodutivo e rápida disseminação nos ambientes urbanos.

Kraemer *et al.* (2015) constatou que a faixa de adequação de habitat para *A. aegypti*, é a mais ampla da história, ocorrendo em todos os continentes (Figura 3). Altas temperaturas estão associadas a uma alta densidade populacional. Estudos sugerem que mudanças climáticas (temperaturas mais quentes) aumentarão a potencial distribuição geográfica da espécie (HOPP; FOLEY, 2001; REITER *et al.*, 2013; MONAGHAN *et al.*, 2018).

Figura 3 – Faixa de adequação de habitat de *Aedes aegypti*, no mundo, e o risco de infecção por dengue.



Fonte: Kraemer, *et al.* (2015)

Legenda: probabilidade de infecção entre 0 (sem risco) e 1 (maior risco).

### 2.2.2 Comportamento de Oviposição

Dois dos mais importantes componentes comportamentais para a sobrevivência do mosquito *A. aegypti* estão relacionados à oviposição: sua dispersão no ambiente antrópico, e seu sucesso reprodutivo (FORATTINI, 1994). Após a alimentação sanguínea, a fêmea inicia o processo de maturação de seus ovos, e em seguida o de escolha do sítio de oviposição. Se por um lado, antes do repasto sanguíneo, receptores de *A. aegypti* estão sensíveis à sinais químicos produzidos pelo hospedeiro, como ácido láctico, por outro, após o repasto, se mostram mais sensíveis os que captam sinais atrativos ao local de oviposição, até que o lote de ovos seja depositado (BRAGA; VALLE, 2007). Em seu estudo, Klowden e Blackmer, (1987) afirmam que o comportamento de pré-oviposição é ativado por uma substância transmitida pela hemolinfa, a qual é produzida em conjunto com a maturação dos ovos. Outra característica inibitória do comportamento de busca por hospedeiro e início da busca por um criadouro, é a distensão abdominal na fêmea, posteriormente ao repasto sanguíneo (KLOWDEN, 1989). A partir disto, entende-se a pré-oviposição como respostas da fêmea a estímulos emitidos por um criadouro em potencial e a subsequente aceitação desse criadouro como adequado para a postura, sendo a oviposição o ato final da postura dos ovos (CLEMENTS, 2006).

Os criadouros preferenciais destas fêmeas podem ser de ordem natural (occos de arvores, axilas de plantas, buracos de rocha) (Figura 4A), ou artificial (pneus, garrafa, calhas de telhados, vasos de plantas, latas em desuso) (Figura 4B) (NELSON, 1986), e no processo oviposição, a mesma obedece à uma série de pistas químicas e físicas, envolvendo respostas visuais, táteis e olfatórias, além de fatores exógenos, como pluviosidade, umidade relativa do ar, temperatura, velocidade do vento que a ajudarão a selecionar um local que confira maior chance de sucesso na sobrevivência de sua prole (BENTLEY; DAY, 1989). Somados a isso, fatores físicos como comprimento de onda, intensidade da luz refletida na água ou substrato (KENEDY, 1942), absorção da água, aspereza do substrato, cor do recipiente e substrato, como mostrou Fay e Perry (1965), em seu estudo conduzido em laboratório, e fatores químicos relacionados a atraentes de oviposição presentes em infusão de gramíneas (REITER; COLLON, 1991; ROQUE, 2007), e água contendo restos larvais (FAIERSTEIN, 2019), também são determinantes para a escolha da fêmea por um sítio de oviposição adequado. Em virtude do que se sabe sobre seu comportamento sinantrópico, essa variedade de preferências garante ao mosquito múltiplas escolhas de sítios de oviposição artificiais, tendo em vista característica socioambientais dos centros urbanos, onde é comum o descarte incorreto de resíduos sólidos (MORAES, 2016; ALMEIDA, 2018).

Figura 4 – Criadouros naturais e artificiais preferenciais para *Aedes aegypti*



Fonte: A - Lima-Câmara, *et al.*, (2016); B - Brasil, (2009);  
 Legenda: A – criadouro natural; B – criadouro artificial.

Os ovos podem ser postos diretamente no meio líquido quando a superfície do recipiente não permite a aderência do tarso feminino durante a oviposição (vidro), ou em superfícies úmidas, ficando imediatamente acima da lâmina d'água, formando aglomerados (CHRISTOPHERS, 1960; FORATTINI 2002). Em média, uma fêmea de *A. aegypti*, produz mais ou menos 120 ovos (FORATTINI, 2002), todavia, esses ovos são distribuídos em lotes, entre vários criadouros diferentes, um comportamento chamado de *skip-oviposition*, ou oviposição em saltos (COBERT; CHADEE, 1993; FORATTINI, 1994; COLTON; CHADEE *et al.*, 2003). Estudos sugerem que fêmeas desta espécie depositam de 11 a 30 ovos em cada recipiente, em um ato de dispersão.

Esse comportamento pode estar associado à escassez de locais adequados para a postura (EDMAN *et al.*, 1998), ou como um comportamento para evitar a competição larvária pela alta densidade populacional em criadouros, haja visto que os recipientes preferíveis apresentam volume limitado de água, dessa forma aumentando as chances de sobrevivência da prole, e consequentemente sua dispersão (SWAN *et al.*, 2018; FORATTINI, 2002).

Após o completo desenvolvimento embrionário, mais ou menos 48h após a postura acontece a eclosão das larvas (CLEMENTS, 1992), e a água representa um importante e necessário estímulo para tal. No entanto, estudos mostram que o estímulo imediato para a eclosão é a baixa concentração de oxigênio dissolvido na água, além da presença de compostos

orgânicos, que mais tarde servirão de alimento paras as mesmas (GJULLIN; BOLLEN, 1941; BARBOSA; PETERS, 1969). Outras variantes influenciam no que diz respeito à formação e desenvolvimento do embrião antes de haver a eclosão, como por exemplo, temperatura, umidade (CLEMENTS, 1992).

### 2.2.3 Situação Epidemiológica

A OMS (2014) estima que todo ano, mais de um bilhão de pessoas são infectadas e mais de um milhão de pessoas morrem de doenças causadas por patógenos transmitidos por vetores. Uma parcela significativa desses casos é atribuída ao *A. aegypti* (WHO, 2014). No Brasil, ele é principal vetor de vários arbovírus que causam doenças em seres humanos, como dengue (DENV) (CONSOLI, 1994; FORATTINI, 1996; JANSEN; BEEBE, 2010), febre amarela (YFV) (CONSOLI, 1994; FORATTINI, 1996), CHKV (REITER, 2007, BEZERRA, et al., 2017), e mais recentemente foi incriminado também como o vetor primário dos vírus Zika (ZIKV) (MARCONDES; XIMENES, 2016). As infecções associadas a esses vírus são frequentemente descritas na literatura como um grave problema de saúde pública mundial devido a ampla distribuição geográfica do seu vetor, e à rápida propagação viral em várias partes do mundo (FORATTINI, 2001). Segundo Serpa *et al.*, 2006, a dengue é uma doença endêmica em quase todos os continentes, exceto Europa, apresentando surtos anuais, desde a década de 70, nas Américas.

Dos anos de 1923 a 1982, o Brasil não apresentou registros de casos de dengue, isso se deveu a erradicação bem-sucedida do mosquito *A. aegypti*, iniciada pelo sanitarista Oswaldo Cruz em campanha instituída contra a febre amarela urbana, que mais tarde foi continuada pela Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS), (TUAIL, 2001; CASTAÑEDA et al., 2017). No entanto, na década de 70, *A. aegypti*, já havia sido reintroduzido no Brasil, vindo de países vizinhos (TAUIL, 2001). E durante as décadas de 80 e 90, as transmissões de dengue se intensificaram, resultando numa re-emergência em um aspecto global (GUBLER; TRENT, 1993, GUBLER; CLARCK, 1996).

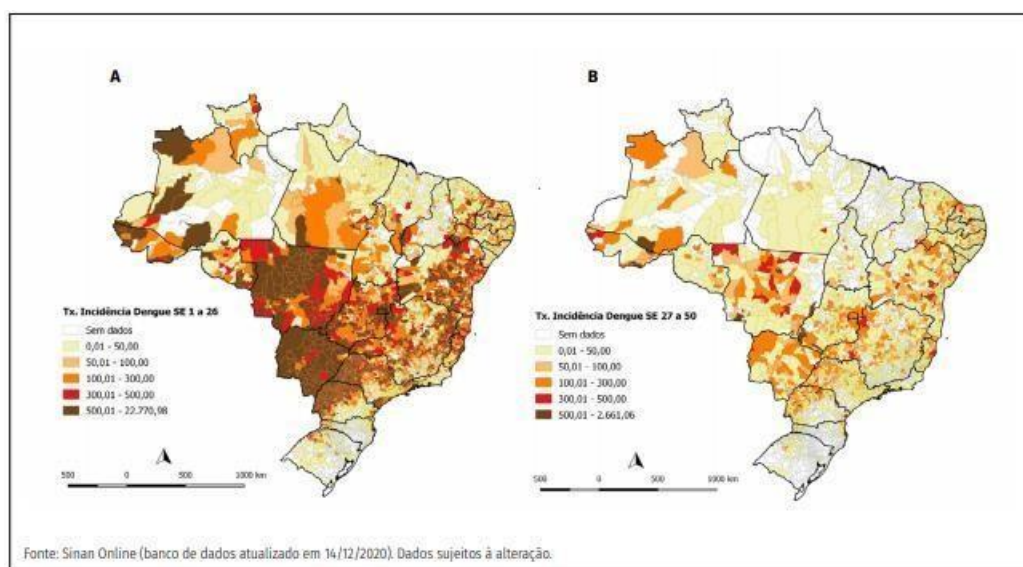
Os fatores responsáveis pelo ressurgimento dramático da doença estão envolvidos com a descontinuação dos programas de erradicação e controle, que permitiu a migração do *A. aegypti* de países vizinhos para o Brasil, somado ao inchaço demográfico ocorrido nos últimos anos em todo mundo, especialmente em países subdesenvolvidos, provocado por fluxos migratórios, principalmente rurais-urbanos, ocasionando um crescimento urbano desenfreado e não planejado, originando sistemas precários de habitação, aglomeração, e levando à insuficiência



nos serviços de saneamento básico, abastecimento de água e coleta de resíduos sólidos. Além disso, um aumento considerável nas viagens, possibilitando o trânsito intenso de pessoas entre regiões que podem estar potencialmente infectadas com patógenos causadores de enfermidades, incluindo a dengue (GUBLER, 1996; TAUIL, 2001). O boletim epidemiológico do ministério da saúde mostra que, no ano de 2020, foram notificados 979.764 casos prováveis de dengue no Brasil, referentes às semanas epidemiológicas (SE) 1 a 50 (29/12/2019 a 12/12/2020), com taxa de incidência de 466,2 casos por 100 mil habitantes (Figura 5) (BRASIL, 2020).

A redução da densidade populacional de *A. aegypti* é a principal chave para a erradicação de arboviroses como a dengue, todavia, mesmo com alto investimento feito anualmente por parte do governo, no intuito de realizar o controle efetivo da espécie em questão, o cenário ainda é bastante desfavorável, pois ainda não se têm conseguido diminuir/limitar a transmissão do vírus (BARRETO *et al.*, 2011).

Figura 5 – Distribuição da taxa de incidência de dengue em 2020 por município



Fonte: Brasil, (2020).

Legenda: A – taxa de incidência de dengue da SE 1 a 26 (período de dezembro de 2019 a junho de 2020); B – taxa de incidência de dengue da SE 27 a 46 (período de julho a dezembro de 2020);

### 2.3 CONTROLE DE *Aedes aegypti*

Os mosquitos estão entre os principais vetores de agentes infecciosos transmitidos a animais e humanos, a OMS (2020) afirma que 17% de todas as doenças infecciosas no mundo são transmitidas por vetores. A dengue é a infecção viral mais prevalente, transmitida pelo mosquito *A. aegypti*, ocorrendo em 129 países, com um número estimado de 96 milhões de casos sintomáticos, ocasionando 40.000 mortes anuais. A zona de risco para contrair a dengue

está na área onde estão localizados os países compreendidos na zona isoterma de inverno de 10°C dos hemisférios Norte e Sul, ou seja, países da África, Ásia e América do sul, totalizando mais de cem países (BRASIL, 2016).

Gubler (2001), cita vitórias conquistadas sobre doenças infecciosas, com patógenos transmitidos por mosquitos ou não, nos anos de 1950, 1960 e 1970, no entanto, após isso, seguiu-se um período de apatia e complacência nas últimas décadas do século 20, e unidos a isso, a deterioração da estrutura de saúde pública, somada a fortes tendências mundiais, o que impulsionou o ressurgimento de doenças infecciosas, e tornou a população de vetores cada vez mais difícil de controlar.

A Dengvaxia® foi desenvolvida por uma empresa farmacêutica privada, sendo a primeira vacina contra a dengue do mundo. Aprovada em 19 países e utilizada em campanhas de vacinação, a Dengvaxia® gerou controvérsias quando, após testes da própria empresa farmacêutica que a criou, observou-se que a vacina tem maior eficácia apenas nos indivíduos que já haviam sido infectados pelo vírus DENV anteriormente, ou seja, soropositivos. Em contraponto, essa descoberta mostrou que, indivíduos que não haviam tido contato prévio com o vírus, apresentaram um risco significativamente maior de apresentar a forma mais grave da doença (OMS, 2017). Para a febre amarela existe uma vacina eficaz, com imunização vitalícia (BRASIL, 2018). No entanto, até o presente momento não há vacinas e nem antivirais efetivos disponíveis para tratar Zika e Chikungunia, todavia, ensaios clínicos para a produção de uma vacina estão em andamento. Portanto, sem vacinas seguras, o tratamento para essas arboviroses revela-se apenas sintomático. (MARTINS et al., 2020)

Frente a isso, que se soma a contínua disseminação dessas doenças por todo o mundo, existe uma necessidade cada vez maior de desenvolver e aplicar abordagens com melhor custo-benefício a fim de controlar a população do mosquito, de forma eficaz e sustentável, integrando métodos e ferramentas para vigilância, monitoramento e controle dessas populações, além de um melhor gerenciamento de doenças e medidas aprimoradas de saúde (STEPHENSON, 2005; LIMA-CAMARA, 2016; OLLIARO et al., 2018). A supressão consistente da espécie *A. aegypti* é uma forma eficaz para a diminuição da transmissão de arbovírus, já que a redução populacional supostamente para valores maiores que 97%, é esperada a diminuição do contato vetor-humano, e as chances de transmissão (MORRISON et al., 2008; CODEÇO, et al., 2020). Ainda segundo Morrison, et al., (2008), para que seja eficaz, um programa de controle deve ter dois elementos comuns: 1) um componente vertical, geralmente governamental, que inicia, planeja e supervisiona o programa, e 2) um componente horizontal, representado geralmente por chefes de família, que auxilia na execução das medidas de controle e permite acesso a suas

propriedades.

### **2.3.1. Controle de *A. aegypti* no Brasil: um breve histórico**

No Brasil, a disseminação de patógenos veiculados por mosquitos representa um desafio para a saúde pública, pois epidemias recorrentes de doenças como dengue, zika e chikungunia, são responsáveis por perdas humanas e econômicas significativas, pois acometem grande número de pessoas, gerando hospitalizações e trazendo prejuízos também à cadeia produtiva trabalhista. No Nordeste brasileiro, por exemplo, a precariedade no acesso à coleta de lixo, e o fornecimento intermitente de água encanada, cria um ambiente propício para a manutenção do mosquito, conseqüentemente torna o controle mais difícil (LANA et al., 2018; RIBEIRO et al., 2018). Numa perspectiva global, a pressão antrópica, causando modificação de ecossistemas, crescimento populacional urbano desordenado, frequência e facilidade de viagens internacionais, que permite que os patógenos viajem junto com seus hospedeiros, e mudanças climáticas, são alguns dos fatores que contribuem para a emergência, re-emergência e disseminação de arbovírus (LIMA-CAMARA, 2016; FLORES; O'NEILL, 2018; MARTINS et al., 2020).

Na primeira metade do século XX, houve programas de erradicação do *A. aegypti*, nas américas, baseados no uso de inseticidas organoclorados (DDT) para a eliminação de criadouros do mosquito, coordenado pela fundação Rockefeller, e apoiado pela Organização Panamericana de Saúde (OPAS) (OPAS, 1995). Neste período, o combate ao *A. aegypti* foi sistematizado e intensificado no Brasil. Empreendida por brigadas sanitárias, uma campanha tendo como objetivo reduzir o número de casos de febre amarela urbana, doença com alto grau de mortalidade que levará milhares de pessoas a óbito, tinha como objetivo o controle das populações de mosquitos, que era feito por meio de eliminação mecânica de criadouros móveis, e o tratamento daqueles que não podiam ser removidos, com larvicidas e outros tipos de inseticidas. Além disso, eram dadas orientações e esclarecimentos à população sobre como evitar a doença, contando com a participação de todos para eliminar os mosquitos (COSTA et al., 2011; ZARA et al., 2016).

Entre 1958 e 1973, *A. aegypti* chegou a ser considerado erradicado do Brasil, por duas vezes. Após sua reintrodução em 1976, ocasionada por falha na vigilância epidemiológica e pelo crescimento populacional acelerado (TEIXEIRA et al., 2002; ZARA et al., 2016). A reintrodução data de 1976 a 1977, na cidade do Rio de Janeiro, a qual foi considerada o ponto de partida da dispersão vetorial para regiões costeiras e rurais, desde a primeira epidemia em

1968 (MACIEL et al., 2008).

Em 1996, o ministério da saúde deu início ao Plano de Erradicação do *A. aegypti* (PEAa), que visava uma atuação multissetorial e descentralizada de combate à dengue, envolvendo as três esferas do governo (federal, estadual e municipal), havendo repasse de recursos pra todos os municípios brasileiros, com os objetivos de evitar os óbitos por dengue, prevenir e controlar processos epidêmicos (BRASIL, 2006, 2009). Todavia, persistiu a disseminação vetorial, junto com o avanço da infestação por *A. aegypti*, pois o programa não conseguiu a necessária atuação multissetorial (BRAGA; VALLE, 2007; ZARA et al., 2016). Em 2001, o governo desistiu de erradicar *A. aegypti*, e passou a focar no seu controle populacional, com a implementação do Plano de Intensificação das Ações de Controle da Dengue (PIACD), priorizando ações nos municípios que apresentavam maior taxa de transmissão da dengue. No ano seguinte foi implantado o Programa Nacional de Controle da Dengue (PNCD), em função do aumento do risco de epidemias e reintrodução do sorotipo 3 no Brasil (BRASIL, 2009; ZARA et al., 2016).

#### 2.3.1.1 Programa Nacional Controle da Dengue (PNCD)

Instituído em Junho de 2002, procurando incorporar as lições das experiências internacionais de controle da dengue, e com o apoio do ministério da saúde e dos estados, os municípios começaram a gerir e a executar as ações do PNCD. Os objetivos pretendidos eram: reduzir a infestação de *A. aegypti*, bem como a incidência de transmissão do vírus Dengue e a letalidade por febre hemorrágica. Essas ações envolviam dez componentes principais: 1) vigilância epidemiológica; 2) combate ao vetor; 3) assistência aos pacientes; 4) integração com atenção básica (PACS/PSF); 5) ações de saneamento ambiental; 6) ações integradas de educação em saúde, comunicação e mobilização social; 7) capacitação de recursos humanos; 8) legislação; 9) sustentação político-social; 10) acompanhamento e avaliação do programa (BRASIL, 2002). Com isso, foi possível a elaboração de programas permanentes; o desenvolvimento de campanhas de informação e mobilização das pessoas; o fortalecimento da vigilância epidemiológica e entomológica para ampliar a capacidade de predição e de detecção precoce de surtos de dengue; a melhoria da qualidade do trabalho de campo de combate ao *A. aegypti*; a integração das ações de controle da dengue na atenção básica, com a mobilização dos Programas de Agentes Comunitários de Saúde (PACS) e Programas de Saúde da Família (PSF). Além disso, a utilização de instrumentos legais que facilitavam o trabalho do poder público na eliminação de criadouros em imóveis comerciais, casas abandonadas etc., também

foi possível.

Houve atuação em vários setores por meio do fomento à destinação adequada de resíduos sólidos e a utilização de recursos seguros para armazenagem de água e o desenvolvimento de instrumentos mais eficazes de acompanhamento e supervisão das ações desenvolvidas pelo Ministério da Saúde, estados e municípios. Dessa forma, o PNCD deixou de ser exclusivamente direcionado ao combate do *A. aegypti*, sugerindo adequações condizentes com as especificidades locais, inclusive com a possibilidade de elaboração de planos sub-regionais, para atender às demandas específicas dessas regiões. (BRASIL, 2002).

No PNCD a inferência da densidade de *A. aegypti* em áreas urbanas é feita a partir da coleta de larvas, que é realizada através de vistorias em depósitos de água e outros recipientes localizados nos domicílios. e imóveis com potencial de conter criadouros, chamado Levantamento de índice rápido de *A. aegypti*. Feito isso, são calculados os índices de infestação predial (IIP) e o índice de Breteau (IB). O programa estabeleceu metas: redução do IIP a menos que 1%; diminuição do número de casos da doença em 50%, em 2003, em relação aos registrados em 2002 e de 25% nos anos subsequentes; e redução da letalidade por febre hemorrágica de dengue a menos de 1% (BRASIL, 2002). No primeiro semestre 2004, o PNCD foi responsável pela redução de 73,3% dos casos de dengue, em relação ao mesmo período de 2003 (Programa Nacional de Controle da Dengue. Disponível em: <<http://portal.saude.gov.br/portal/saude>> Acesso em:).

Todavia, apesar dos recursos investidos e do tempo despendido, o PNCD não tem alcançado os objetivos pretendidos, surgindo disso a necessidade da reavaliação das medidas adotadas pelo programa (BARRETO; TEIXEIRA, 2008; COSTA; COSTA, 2020).

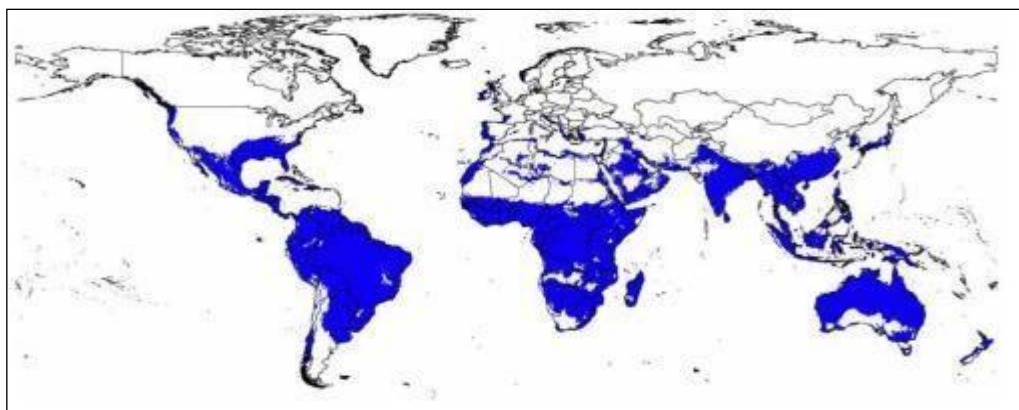
## 2.4. *CULEX QUINQUEFASCIATUS*, (SAY, 1823)

### 2.4.1 **Biologia e ecologia**

Pertencente à tribo Culicini, gênero *Culex*, *C. quinquefasciatus*, juntamente com *Cx. pipiens*, constituem o complexo Pipiens. Considerado um mosquito cosmotropical, distribui-se nas regiões tropicais e subtropicais do globo (Figura 6) (SUBRA, 1981; FORATTINI, 1994). No Brasil, esta espécie se encontra bem estabelecida em todas as regiões, e sua alta densidade populacional é fortemente influenciada pela presença humana, urbanização desenfreada, e ausência de tratamento de água e esgoto (BARTHOLOMAY, et al, 2010; FORATTINI et al., 1993), podendo ser encontrada desde regiões florestais até o semiárido (SUBRA, 1981).

Foi descrito pela primeira vez em 1823 por Thomas Say, que coletou um espécime ao longo do rio Mississippi, no sudeste dos Estados Unidos, todavia, há evidências de que essa espécie tenha se originado no sul da Ásia e depois se estabelecido no novo mundo por meio de navios negreiros. Bhattacharya e Basu (2016), sintetizam a história de disseminação global desta espécie dividindo-a em 4 fases. A primeira diz respeito à introdução do *C. quinquefasciatus* no novo mundo e na Austrália. Na segunda fase, a espécie se expandiu para a Nova Zelândia, ilhas do Hawai, Seychelles, e arquipélagos nos oceanos Pacífico e Índico, através de embarcações ligadas à indústria baleeira no Estados Unidos, durante o século 19. Em terceiro lugar, durante a segunda guerra mundial, a expansão da espécie ocorreu em pequenos atóis do pacífico de importância militar, por aeronaves e navios do exército. Por último, a espécie se expandiu para ilhas remotas do pacífico e oceanos por meio de viagens aéreas comerciais.

Figura 6 – Distribuição potencial de *Culex quinquefasciatus* com base nas condições climáticas atuais.



Fonte: SAMY, et al. (2016)

Legenda: As áreas em azul foram modeladas como adequadas; áreas em branco foram modeladas como inadequadas.

Seu desenvolvimento é holometábolo e seu ciclo de vida está estreitamente relacionado com a temperatura. Ribeiro, et al., (2004), e Salazar e Moncada, (2004), em seus estudos em condições controladas de laboratório, mostraram que, em temperaturas variando entre 15°C e 30°C, o desenvolvimento completo desta espécie durou de 10 a 13 dias.

Os ovos dessa espécie são postos de maneira agregativa, assemelhando-se a “jangadas” (*rafts*) (Figura 7). As jangadas medem em média 6 milímetros de comprimento e 18 milímetros de largura (CLEMETS, 1999), e uma única jangada pode conter 155 ovos (BARTHOLOMAY, et al, 2010). A postura dos mesmos na superfície aquática permite que, ao final da embriogênese, a qual é influenciada principalmente pela temperatura e umidade, eles

eclodam rapidamente (CONSOLI; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, 1994). No pólo posterior de cada ovo da jangada identifica-se a presença de uma gotícula apical, que, embora na literatura sejam citadas variadas funcionalidades para esta, como proteção contra dissecação por um curto tempo, visto que é constituída também por água (IDRIS, 1960), flúido repelente contra algumas espécies de formiga (HILTON, 1968), dentre outras, sua função mais conhecida é a de feromônio de agregação, com funcionalidade de atrair fêmeas a ovipositar (Figura 8) (LAURENCE; PICKETT, 1985; MCCALL; CAMERON, 1995).

Figura 7 – Fêmea de *Culex quinquefasciatus* ovipondo



Fonte: Mosquitos (2018)

Legenda: Fêmea depositando seus ovos de maneira agregativa, chamados de jangada, na superfície aquática.

Figura 8 – Jangadas de *Culex quinquefasciatus*



Fonte: Barbosa, 2007.

Legenda: gotícula apical de feromônio de agregação no pólo anterior dos ovos de *C. quinquefasciatus*.

O desenvolvimento das formas pré-imaginais depende da temperatura, nutrição e densidade populacional, podendo durar até 7 dias, em condições ideais (temperatura de 30°C) (RUEDA, et al., 1990), e se dá principalmente em corpos d'água com alto teor de matéria orgânica (FORATTINI, 2002; CONSOLI, 1994). Os adultos possuem tarsos curtos, sem

marcações aparentes, corpo recoberto por escamas amarelo-douradas (CONSOLI, 1994) (Figura 9). Têm hábitos essencialmente noturnos, com a fêmea iniciando sua atividade hematofágica no crepúsculo vespertino, alcançando o pico de atividade à meia-noite, decrescendo até a chegada do crepúsculo matutino, quando volta a aumentar (FORATTINI, 1996), e desde alguns anos tem sido relatado como um mosquito de hábito endofílico (LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, et al., 1985; REISEN, 1992), encontrando dentro dos domicílios um lugar adequado para repouso e alimentação, tendo como fonte de alimento preferencial sangue humano, porém não se descarta a ornitofilia e saurofilia. (FORATTINI, 1994). Essas características bioecológicas justificam o desconforto ocasionado por seu assédio, além de fornecer evidências no que diz respeito à potencialidade da espécie em ser transmissora de patógenos.

Figura 9 – Forma adulta de *C. quinquefasciatus*



Fonte: Webb (2015)

#### 2.4.2 Comportamento de oviposição

Dois a seis dias após a emergência, as fêmeas de *C. quinquefasciatus* começam a acasalar, e, dentro de cerca 48h, começam a responder aos estímulos da fonte sanguínea (SUBRA, 1981; BRASIL, 2011). Uma vez realizado o repasto sanguíneo, a fêmea diminui sua atividade, apenas buscando abrigo onde possa repousar até que se complete a maturação dos ovos (BRASIL, 2011). A oviposição das fêmeas dessa espécie é mediada por pistas olfativas advindas de criadouros, coleções de água associadas a um alto teor orgânico (CLEMENTS, 1999) onde irão depositar seus ovos de maneira aglutinada em jangadas, completando seu ciclo gonotrófico (BRASIL, 2011).

Devido ao seu hábito de ovipor em criadouros geralmente artificiais, contendo alta carga



de matéria orgânica, esta espécie estreitou sua relação com o homem, ocorrendo nos centros urbanos e rurais carentes de saneamento básico, onde esses tipos de criadouros preferenciais se fazem presentes. Situados ao nível do solo, seus criadouros são permanentes ou semi-permanentes, preferencialmente à sombra, contendo água escura ou turva e com alta atividade microbiana, representados por ambientes artificiais, como esgoto urbano e fossas sépticas, valas de escoamento de águas servidas e pequenas e médias coleções de água parada no solo (FORATTINI, 1996; BARBOSA, et al, 2007; ANDRADE; NASCIMENTO, 2010). Esses ambientes proporcionam um habitat rico em alimento, de forma a maximizar a sobrevivência da prole (Figura 10).

Figura 10 – Criadouros preferenciais para *C. quinquefasciatus*



Fonte: Prefeitura de São Paulo (2010)

### 2.4.3 Importância epidemiológica

Tendo em vista que a transmissão de arbovírus só é possível através de vetores, a espécie *C. quinquefasciatus* ganha grande importância por ser vetor de patógenos que causam doenças em humanos. Este mosquito é o principal vetor da filariose linfática Bancroftiana em regiões endêmicas da Ásia, América latina e África, especialmente em comunidades de baixa renda, que carecem de serviços de saneamento básico e sistema de água tratada, afetando aproximadamente 100 milhões de pessoas, e colocando em risco cerca de 893 milhões de pessoas (KORT, et al., 2013; OMS, 2007; WHO, 2021).

No Brasil, *C. quinquefasciatus* é considerado o principal vetor do agente etiológico da filariose linfática (*Wuchereria bancrofti*) e dirofilariose (*Dirofilaria immitis*) (CONSOLI, 1994; DANTAS-TORRES, 2013). A filariose linfática possui grande importância médica, fazendo parte do grupo de doenças tropicais negligenciadas pelo poder público, classificada como a principal causa de deficiência física no mundo, e a principal causa de deficiência devido a doenças infecciosas (BRASIL, 2009). O estado de Pernambuco é o único do Brasil endêmico para a doença, com casos comprovados em municípios da região metropolitana de Recife

(Recife, Jaboatão dos Guararapes e Paulista (SILVA, 2021).

Este mosquito é um vetor importante do vírus do Nilo ocidental, o qual foi recentemente isolado pela primeira vez no Brasil em um cavalo que apresentava uma doença neurológica (MARTINS, et al, 2019). Esta espécie está também associada à transmissão de arbovírus como vírus da encefalite de Saint Louis, que também já foi isolado no Brasil (VEDOVELLO, et al., 2015), Febre do Vale do Rift, Encefalite Equina Oriental, Encefalite Japonesa, Encefalite Japonesa, Encefalite Saint Louis (FORATTINI, 2002; KOMAR et al., 2003; FONTES, et al., 2005; DIBO, et al., 2011; TURELL, 2012), e Oropouche (ROSA et al., 1996), em outras regiões do globo.

Após um surto do Zika vírus (ZIKV) no Brasil, em 2015, associado a uma alta incidência de microcefalia neonatal e distúrbios neurológicos, os resultados de Guedes et al., (2017) sugeriram que esta espécie também é um vetor competente para a transmissão do ZIKV no Brasil. Não existem vacinas efetivas disponíveis contra a maioria dos patógenos transmitidos pelo *C. quinquefasciatus*, desta forma, revela-se importante a aplicação de programas de controle da espécie, a fim de diminuir as transmissões.

#### **2.4.4 Controle de *Culex quinquefasciatus***

Norteadado pelo Programa Global de Eliminação da Filariose Linfática, visando alcançar a erradicação da filariose linfática no Brasil, foi criado o Programa Nacional para a eliminação da Filariose Linfática (PNEFL) (FREITAS, et al., 2008). Neste programa, além das ações de tratamento coletivo da população com medicamento antifilarial, é previsto a realização de ações de controle de *C. quinquefasciatus*, realizadas por planos elaborados de acordo com a necessidade local. A partir disso, desde 2002, municípios do estado de Pernambuco, Recife, Jaboatão dos Guararapes e Paulista, os quais são considerados regiões endêmicas para filariose, realizam mapeamento de criadouros preferenciais de *C. quinquefasciatus*, e em seguida é empregado um tratamento usando o biolarvicida *Lysinibacillus sphaericus* (Bs) (BRASIL 2009; ROCHA, 2010).

A descoberta da bactéria entomopatogênica *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) (BARJAC, 1978), pode ser uma importante alternativa ao emprego de inseticidas químicos. Assim como o Bs, o Bti age de forma direcionada somente à espécie alvo produzindo endotoxinas, que uma vez ingeridas pelas larvas do mosquito, agem especificamente no epitélio intestinal das mesmas, levando-as à mortalidade (HABIB, 1989; REGIS, et al., 2000).

## 2.5 MÉTODOS DE CONTROLE

Primeiras práticas de controle de insetos aconteceram há cerca de 2.000 anos atrás, na China, aplicadas basicamente ao extermínio de pragas agrícolas. Todavia, durante os anos de 1900, concluiu-se que certas espécies de insetos eram capazes de transmitir patógenos causadores de doenças de grande importância médica (como a dengue) (BRAGA; VALLE, 2007), para as quais não havia tratamento imunoprolático e nem medicamentos, o que centralizou o combate dessas doenças no controle vetorial. Nesta época, os programas de controle baseavam-se na telagem de casas, uso de mosquiteiros (proteção individual), drenagem de pântanos e outros corpos d'água adequados para o desenvolvimento larval, e a aplicação de óleo ou verde Paris (inseticida) em criadouros detectados (ROSENDAAL, 1997).

Estratégias de controle de vetores tem um comprovado histórico de redução ou interrupção da transmissão de patógenos, isso quando a cobertura é suficientemente alta (WHO, 2008). O papel do controle vetorial em Saúde Pública é prevenir a infecção em virtude do bloqueio ou redução de transmissão. Seu objetivo é: 1) Manejar os problemas existentes, como surtos, epidemias, alta mortalidade e alta morbidade. 2) Prevenir epidemias ou evitar a re-introdução de doenças. 3) Reduzir os fatores de risco ambiental da transmissão (BRAGA et al., 1999). Para o alcance de tais objetivos, é necessário conhecimento sobre o hospedeiro humano, o vetor, a doença e o ambiente. Ademais, para que seja feito um controle vetorial verdadeiramente eficiente, é necessário a junção de métodos e metodologias de controle, que irão se adequar à peculiaridades locais, que permitirão sua execução de forma integrada e seletiva (OPAS, 1995; BRAGA et al., 1999). A comunidade tem um papel crucial para que os objetivos dos programas de controle sejam cumpridos, pois estudos apontam que 90% dos criadouros estão dentro dos domicílios (GOMES et al., 20015). Frente a isso, é necessário que haja engajamento da mesma por meio da promoção de programas de educação sobre o assunto (ROSE, 2001; LOPEZ et al., 2012). A eficácia no controle vetorial somente se dará se métodos que dispomos até o presente momento para este fim, forem executados simultaneamente, de forma integrada e sinérgica (BRAGA et al., 1999).

### 2.5.1 Manejo Integrado de Vetores

O conceito de Manejo integrado de vetores (MIV) foi desenvolvido tendo como referência o Manejo integrado de Pragas, no setor agrícola, e é definido como um processo de tomada de decisão racional para otimizar o uso de recursos para controle vetorial, baseando-se

em evidências e gestão integrada, promovendo o uso de uma série de intervenções – isoladas ou integradas – selecionadas com base no conhecimento local sobre os vetores, as doenças e os determinantes das doenças (WHO, 2012).

O objetivo do MIV é contribuir significativamente para a prevenção e controle de transmissão de patógenos por vetores, melhorando a eficácia, relação custo-benefício, solidez ecológica, e sustentabilidade do controle de vetores. As características do MIV incluem: métodos baseados no conhecimento de fatores locais que influenciam a biologia do vetor; uso de uma gama de intervenções sendo ou não de forma combinada e sinérgica; colaboração dentro do setor de saúde e outros setores públicos e privados que impactam os vetores; engajamento com a comunidade local e outras partes interessadas; uma estrutura regulatória e legislativa de saúde pública (WHO, 2004).

Seus principais componentes consistem na vigilância, redução de fonte ou manejo ambiental, controle biológico, controle químico, controle mecânico e manejo de resistência à inseticidas (ROSE, 2001; SUAREZ; VERBEL, 2013). Recomendado pela OMS e analisado por vários autores, o MIV é considerado a melhor abordagem na redução dos índices entomológicos de infestação por *A. aegypti*, e controlar surtos de doenças causadas por patógenos carregados por eles (CASTRO et al., 2017).

No Brasil, algumas estratégias de controle integrado foram desenvolvidas com muito sucesso: Regis et al. (1996) desenvolveram uma combinação de estratégias para o controle de *C. quinquefasciatus* no Coque (Recife-PE), área em condição de vulnerabilidade para a ocorrência da filariose linfática. Nesse contexto, a população estava sendo submetida ao tratamento coletivo com Dietilcarbamazina. Entre 1990 e 1991, os pesquisadores realizaram a descrição, mapeamento e tratamento de criadouros para *C. quinquefasciatus*. Durante os cinco meses posteriores, os criadouros identificados, sobretudo os que apresentavam formas imaturas, receberam novas tampas e seus tubos de ventilação (“suspiros”) foram telados com uma rede de *nylon*. Nesse controle físico, também houve aplicação de camadas flutuantes de bolas de isopor, para servir como barreira para oviposição. Nos 27 meses subsequentes os criadouros foram tratados com larvicida biológico à base Bs. Durante este período a sensibilização da população foi fundamental para garantir seu engajamento na estratégia de controle integrado (REGIS et al., 1996). A integração de medidas físicas, biológicas e social de controle no Coque resultou em importante redução do número de criadouros colonizados por *C. quinquefasciatus* e aqueles que se mantiveram positivos, apresentaram baixa densidade larval. Estas intervenções resultaram na diminuição das densidades médias mensais de mosquitos na zona de avaliação, que caíram de 63 a 124 *Culex*/quarto/noite para 16 *Culex*/quarto/noite (REGIS et al., 1996).

Outro exemplo de sucesso foi relatado por Regis et al. (2013), para o controle de mosquitos *A. aegypti*. Os autores selecionaram duas cidades pernambucanas, para avaliar a estratégia de controle integrado: Ipojuca (IP) e Santa Cruz do Capibaribe (SCC). Nestes dois municípios, ao total foram instaladas dez mil ovitrampas-controle, para retirada massiva de ovos e cerca de 380 ovitrampas sentinelas, monitoradas continuamente. Adicionalmente, os agentes realizaram aspirações para coleta de culicídeos adultos e especialmente em SCC, peixes larvívoros foram introduzidos como predadores de larvas nas cisternas. Porém, para que a estratégia desse certo, a difusão de informações sobre mosquitos biologia e estratégia de controle, métodos e ferramentas foi fundamental. Após três anos de intervenção, Regis et al. (2013) observaram, em SCC, uma redução de 90,5% na densidade de ovos depositados nas ovitrampas e em IP, queda de 77,1%, revelando o sucesso da estratégia de controle integrado nas duas cidades avaliadas.

### **2.5.2 Controle químico**

O controle químico, realizado por meio de inseticidas orgânicos ou inorgânicos, é uma das estratégias mais largamente difundidas para o controle populacional de insetos vetores devido a sua eficácia na regulação populacional de larvas e adultos, baixo custo e facilidade de aplicação, sendo uma das abordagens mais utilizadas como parte do MIV (ROSE, 2001; ZAIM, GUILLET, 2002; SUAREZ, VERBEL, 2013).

No Brasil, o controle químico é realizado apenas com os inseticidas recomendados pela OMS, que por sua vez obedece ao World Health Organization Pesticides Evaluation Scheme (WHOPES), programa criado na década de 1960, usado como referência mundial no que diz respeito ao uso e manejo de produtos contra insetos de importância médica (VALLE et al., 2015). Os principais inseticidas utilizados em saúde pública são divididos em 4 classes: organoclorados, organofosforados, carbamatos e piretróides, todos eles possuem ação neurotóxica, e mesmo atuando em sítios distintos, têm como efeito final a hiperativação de neurônios e músculos, levando o animal à fadiga, paralisia e consequente morte (BRAGA; VALLE, 2007a; VALLE et al., 2015; ALVES et al., 2020). Levando em consideração que o período larval dos mosquitos é o único momento da fase imatura onde eles se alimentam e crescem, as medidas de controle químico são empregadas preferencialmente neste período, pois as larvas são aquáticas e alimentam-se de matéria orgânica em suspensão presentes na água dos criadouros, viabilizando assim a ingestão do inseticida. Outra vantagem do emprego dos compostos químicos na fase larval, é que elas estão restritas ao local onde foram depositadas

enquanto ovos, o que impossibilita a fuga (ALVES et al., 2020).

As primeiras ações de controle vetorial eram baseadas em medidas físicas (manejo ambiental) e químicas, com a aplicação de óleo ou de verde Paris nos criadouros. Entretanto, em meados da segunda guerra mundial foi desenvolvido o primeiro inseticida de efeito prolongado, o dicloro-difenil-tricloro-etano (DDT). Pertencente a classe dos organoclorados, o DDT apresentava efeito prolongado (de meses) e propriedades residuais contra insetos quando aplicado em paredes e tetos de residências (ROSENDAAL, 1997; ROSE, 2001). No Brasil, o DDT teve um importante papel na erradicação de *A. aegypti*, durante a campanha encabeçada pelo sanitarista Oswaldo Cruz, na primeira metade do século 19. No entanto, na década de 1960, foi constatada a reinfestação pelo mosquito, devido principalmente ao status de resistência ao DDT adquirido pelo inseto (MARTINS JR, 2009). Dada a reintrodução do mosquito vetor no país, na década de 1970, até o fim do século XX, foram utilizados apenas os organofosforados como forma de controle químico em larvas e adultos, em todo o Brasil, sendo esse uso intensificado após a epidemia de 1986. Todavia, devido ao uso em larga escala, os mosquitos começaram a sofrer uma forte pressão seletiva, adquirindo resistência também aos organofosforados (VALLE et al., 2015).

A propagação da resistência aos inseticidas constitui hoje uma grande preocupação no que diz respeito ao controle vetorial (VONTAS et al., 2012). No Brasil este fato começou a ser observado e relatado por volta do ano de 1998, por agentes de saúde, e em razão disto, em 1999 foi criada uma rede de monitoramento da resistência em populações de *A. aegypti* a inseticidas, a Rede Nacional de Monitoramento da Resistência de *A. aegypti* (MoReNAa), sob a coordenação do Ministério da Saúde (VALLE; BRAGA, 2007; VALLE et al., 2015). Apesar de não existir mais atualmente, a criação do MoReNAa foi importante para ajudar o ministério da saúde a traçar um plano de substituição do temefós, pelo inseticida biológico Bti, nas localidades onde, através de bioensaios, havia sido comprovada a resistência ao organofosforado. Concomitantemente, nas demais localidades, houve a substituição do temefós por piretróides, em 2000. No entanto, em meados de 2002-2003, foi constatada a resistência vetorial também aos piretróides, por consequência de um mecanismo de resistência cruzada, que pode acontecer entre diferentes classes de inseticidas devido ao fato deles possuírem o mesmo sítio alvo de ação no sistema nervoso do mosquito. Outro fato que contribuiu para o espalhamento da resistência vetorial aos piretróides, foi a comercialização e uso deste composto pela população em geral, dentro dos domicílios (MONTELLA et al., 2007; VALLE et al., 2015).

Dadas o histórico de elevada disseminação e resistência a alguns compostos utilizados

em larga escala para o controle químico, ao longo dos anos no Brasil, a MoReNAa orienta que haja rotação de larvicidas no país, com mecanismos de ação distintos, sendo o prazo máximo para a alternância do produto de quatro anos, como uma tentativa de resguardar as poucas opções disponíveis para uso em água potável, determinada pela WHOPEs (VALLE et al., 2015; BELLINATO et al., 2016). Atualmente, o controle de larvas no Brasil é feito com uma nova classe de inseticidas, os reguladores de crescimento do inseto (IGR), inibidores da síntese de quitina. Coelho (2012), também traz o inseticida biológico Spinosad como uma ferramenta potencial, em conjunto com os IGR, configurando uma nova estratégia de controle em vigor no país.

### 2.5.3 Controle Biológico

O controle biológico consiste basicamente no uso de agentes biológicos a fim de diminuir uma população de vetores, e conseqüentemente a transmissão dos patógenos veiculados por eles. Para que o controle biológico seja bem-sucedido, ele precisa estar integrado a outras práticas, mas principalmente, é necessário um conhecimento profundo sobre o comportamento das espécies predatórias, bem como o conhecimento sobre a espécie que se deseja controlar (WHO, 2006) (Quadro 1). Segundo a WHO (2020), são empregados para o controle de *A. aegypti* algumas espécies de peixes e copépodes (pequenos crustáceos de água doce) predadores, eficazes na fase larval do vetor, podendo resultar no declínio da população de determinada região e conseqüentemente a diminuição da carga de doenças no ser humano.

Em sua revisão bibliográfica, Huang et al., (2017) diz que, na história recente do controle biológico são utilizados mais comumente três espécies de predadores: *Gambusia affinis* (Figura 11A), larvas do gênero *Toxorhynchite* (Figura 11B), e copépodes (Figura 11C). Outros predadores são citados por Benelli et al. (2016) em sua revisão, são eles peixes do gênero *Poecilia* (Figura 11D), bem como anuros (rãs e sapos).

Esses inimigos naturais (Figura 12), podem desempenhar um papel importante no que diz respeito ao controle do mesmo, no entanto, há que se preocupar com o fato de que alguns desses predadores não são nativos em certas regiões, podendo causar desequilíbrio em ecossistemas aquáticos em caso de introdução (BENELLI et al., 2016; AZEVEDO-SANTOS et al., 2016). Em contrapartida, há na literatura histórias de sucesso utilizando peixes com controle biológico, como o estudo de Kramer et al., (1988), que avaliou o potencial de controle do peixe *Gambusia affinis* junto com o larvicida biológico Bti, e revelou que a parceria entre esses dois agentes reduziu a população de mosquitos, e assim permaneceu após o tratamento.

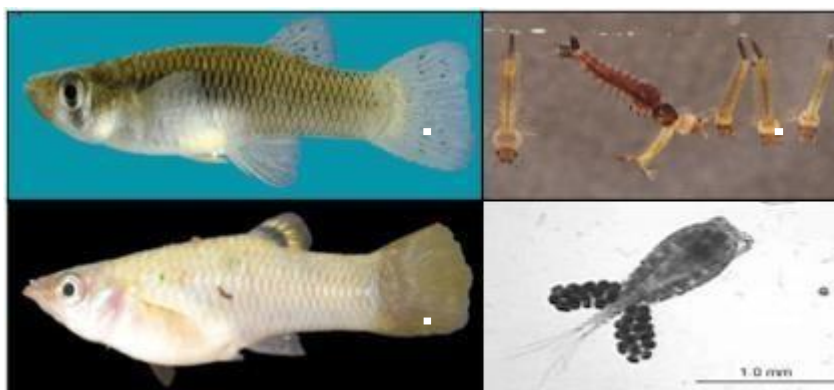
Um outro estudo mostrou que a liberação de algumas espécies de peixes larvívoros em containers domésticos da província de Liouchyou, condado de Pingtung, em Taiwan, reduziu significativamente o índice de recipientes positivos nos domicílios (WANG et al., 1990).

Quadro 1 – Organismos utilizados como ferramenta biológica de controle

ORGANISMO	ESPÉCIE	ESPÉCIE ALVO
Peixe	Principalmente <i>Gambusia affinis</i>	Inespecífico devido à dieta de comportamentos predatórios
Larvas de mosquito da espécie <i>Toxorhynchites</i>	<i>Tx. Spiendens</i> , <i>Tx. brevipalpis</i> , <i>Tx. Moctezuma</i> , <i>Tx. Amboinensis</i> e <i>Tx. Rutilus</i>	Principalmente <i>A. aegypti</i>
Copépodes	Principalmente espécies de <i>Mesocyclops</i> e <i>Macrocyclus</i>	Principalmente <i>A. aegypti</i>

Fonte: Adaptado de Huang, (2017)

Figura 12 – Predadores naturais de larvas de *Aedes aegypti*



Fonte: A – Craig, et al (2019); B – Schiller, et al (2019); C – Nobre et al. (2015); D – Matsumura-Tundise e Silva (2002).

Legenda: A – *Gambusia affinis*; B – Larva de *Toxorhynchites* predando larvas de *Ae. aegypti*; C – *Poecilia* sp.; D – *Mesocyclops* sp.

A abordagem utilizando mosquitos do gênero *Toxorhynchites* como predadores de larvas se mostra eficiente, tendo em vista que consiste num gênero autógeno não vetor, portanto não oferece riscos ao ser humano, apresentando grande potencial em reduzir populações de vetores de importância médica. Em 1979 já se tinha a ciência de que o controle químico havia fracassado em algumas regiões por conta do ganho de resistência por parte dos vetores, baseado



nisso, na Tailândia, Patuwatana e colaboradores (1979) avaliavam a eficácia da aplicação de larvas de *Toxorhynchites splendens* e Bti em criadouros de *A. aegypti*, *A. albopictus* e *C. quinquefasciatus*. Os resultados foram promissores, sendo as larvas eliminadas dos respectivos criadouros em 3-4 dias.

Embora fosse sabido há alguns anos que pequenos crustáceos chamados copépodes ciclopoídes apresentavam comportamento de predação a larvas de primeiro estágio de mosquitos (HURLBUT, 1938), os primeiros estudos avaliando o potencial de predação desses animais só começaram a partir do anos 80, onde estudos foram realizados principalmente em regiões do pacífico, nas Américas e na Ásia, sendo aplicados em diferentes criadouros, desde resíduos sólidos, como pneus descartados, a depósitos com água armazenada dentro dos domicílios e até mesmo tocas de caranguejos terrestres (REVIERE et al., 1987; MARTEN, 1990). A literatura mostra uma diversidade de trabalhos realizados utilizando copépodes como forma de controle biológico em comunidades do Vietnã (NAM et al., 2000; KAY et al., 2002; TRAN et al., 2015) onde, em alguns deles, *A. aegypti* foi totalmente erradicado da região (VU et al., 1998; NAM et al., 2005; KAY; NAM, 2005). Todavia, em se tratando de organismos vivos, há de se ater à questão da não natividade desses animais. A introdução deles em ambientes onde não são nativos podem ocasionar impactos ambientais e econômicos importantes (COELHO; HENRY, 2017).

Vários outros microrganismos são relatados na literatura como alternativas de controle biológico viável e eficaz para mosquitos de importância médica. Nesse sentido, podemos citar bactérias como o Bti e o Bs, além de espécies de fungos entomopatogênicos e nematóides (HUANG et al., 2017; NDAVA et al., 2018)

As metodologias aplicadas nesse tipo de controle são ecologicamente mais corretas do que o uso de inseticidas, além de abrir margem para uma infinidade de abordagens diferentes, com o advento da biologia molecular, abrindo espaço para o controle vetorial genético (HUANG et al., 2017).

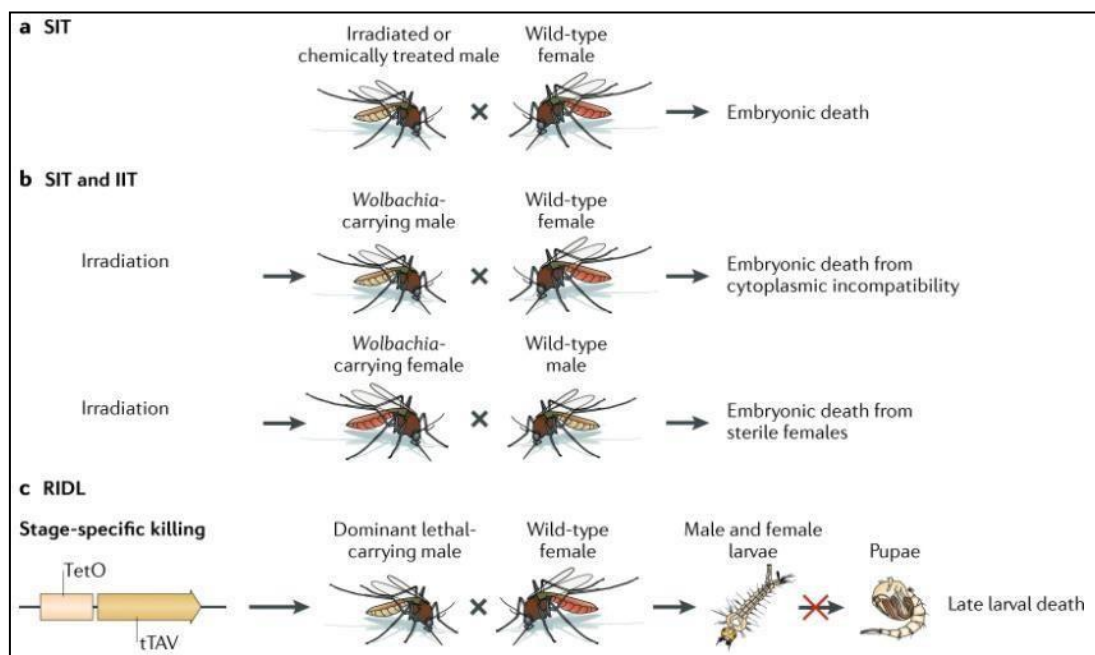
#### **2.5.4 Controle genético**

O intuito da utilização de mosquitos geneticamente modificados para controle biológico busca a substituição da população mosquitos selvagens pelos mosquitos modificados, como a técnica de liberação de mosquitos em massa portando uma bactéria endossimbionte chamada *Wolbachia pipientis*, tornando-os refratários à transmissão de patógenos (MOREIRA et al., 2009; WALKER et al., 2011), encurtando o tempo de vida do vetor (MCMENIMAN et al.,

2009), bem como interferir na viabilidade de ovos dissecados (MCMENIMAN et al., 2010) e redução da hematofagia (TURLEY et al., 2009).

A supressão da população vetorial também é possível, com a utilização de técnicas como a do inseto estéril (SIT) (Figura 12A) (KNIPLING, 1955), onde é liberada uma quantidade expressiva de machos esterilizados através de irradiação ou tratamento químico, para acasalarem com fêmeas selvagens, reduzindo o potencial reprodutivo da população selvagem alvo. A técnica do inseto incompatível (IIT) (BOURTZIS et al., 2014), que por sua vez também usa a *Wolbachia* a fim de esterilizar machos que posteriormente serão liberados na população selvagem, podendo ser utilizada em conjunto com a SIT (Figura 12B). Além disso, as duas últimas citadas podem ser usadas em conjunto (ZHANG et al., 2015), aumentando o poder de controle das técnicas, minimizando falhas. Por fim, a técnica do mosquito portador de um gene letal dominante (RIDL) (Figura 12C) (PHUC et al., 2007), onde a expressão desse gene é letal para larvas em fase tardia de desenvolvimento.

Figura 12 – Modificações de vetores para a redução populacional



Fonte: Flores e O'neil (2018)

Legenda: A – Técnica do Inseto estéril (SIT): Cruzamento entre machos expostos a radiação ou quimicamente tratado e fêmeas selvagens, resultando em morte embrionária; B – Técnica do inseto incompatível (IIT): cruzamento entre machos infectados com uma cepa de *Wolbachia* e fêmeas selvagens, resultando em morte embrionária por incompatibilidade genética. Durante a abordagem SIT e IIT, os mosquitos infectados com *Wolbachia* são tratados com irradiação de baixo nível. Como no IIT sozinho, o acasalamento entre machos *Wolbachia* e fêmeas selvagens não produzirá descendentes; C - Liberação de insetos que carregam um letal dominante (RIDL): é uma estratégia de supressão pela qual os machos que carregam um transgene que causa letalidade de ação tardia são liberados em campo aberto. Esses machos acasalam com fêmeas do tipo selvagem e a prole resultante morre antes de atingir o estágio de pupa. TetO, operador de tetraciclina; tTAV, ativador da transcrição repressível por tetraciclina.

### 2.5.5 Controle mecânico

O controle mecânico consiste no emprego de práticas capazes de eliminar o vetor e seus criadouros, destinando corretamente os resíduos sólidos, drenando canais e canaletas, saneamento básico, além do uso de armadilhas, que será feita por agentes de saúde dos respectivos municípios sob supervisão do poder público. A adoção de medidas de proteção individual e coletiva, como por exemplo a utilização de repelentes, mosquiteiros, telas de proteção em portas e janelas, também está inserida neste tipo de controle (ZARA et al., 2016).

Meyer et al., (1983), descreveu uma ferramenta idealizada para a coleta ativa de mosquitos em ambiente externo, se tratava de um aspirador de controle humano. A partir disto, a Centers for disease control and prevention (CDC), construiu o CDC backpack aspirator, o qual consiste numa ferramenta de busca ativa, acoplada as costas de um operador, onde através sucção produzida por energia elétrica ou química, faz a coleta dos insetos (CLARCK et al., 1994; MAIA et al., 2011).

Dentro desse nicho pode-se destacar a utilização de armadilhas no que se refere a coleta e retirada do vetor nas suas formas imaturas e adulta, do meio ambiente. E para além disso, as armadilhas são instrumentos de coleta autossuficientes, ou seja, o esforço da coleta é transferido do agente para ela, gerando economia de tempo, e permitindo levantamentos mais frequentes (CODEÇO et al., 2015).

O método de controle mecânico apresenta-se como o mais eficiente, seguro, econômico e racional, estimulando a população a adquirir hábitos preventivos contra o mosquito.

## 2.6 INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA COLETAR CULICÍDEOS

A eficácia limitada dos índices entomológicos larvais utilizados pelo PNCD para vigilância, monitoramento e controle vetorial, levou a comunidade científica a questionar seu uso e a propor novas formas de atingir esse objetivo. Como um instrumento de coleta passiva de culicídeos vetores, as armadilhas vêm se mostrando importantes ferramentas para a detecção da presença e coleta de mosquitos, nas formas imaturas e adulta, tendo um grau de sensibilidade para sua detecção, e também alto potencial de retirada em massa de ovos, larvas e mosquitos adultos do ambiente, quando usadas em grande número, com o mínimo de intervenção humana (REGIS et al, 2008; ACHEE et al., 2015).

Atualmente é possível encontrar diversos tipos de armadilhas utilizadas para vigilância, monitoramento e controle de culicídeos vetores. Os modelos de armadilhas são os mais

diversos, dentro das preferências de oviposição do mosquito, podendo atrair esses insetos por estímulos visuais/físicos, como cor e luz, e/ou estímulos químicos/olfativos, nos quais se incluem CO<sup>2</sup>, odores naturais ou sintéticos do próprio inseto, do hospedeiro ou de criadouros. Elas também podem funcionar como instrumentos que possuem especificidades para atender à captura da espécie alvo em seus diferentes ciclos de vida, e precisam estar alinhadas com o objetivo pretendido (MORRISON et al., 2008). Segundo Barrera (2014), para ser uma ferramenta eficiente no que diz respeito ao controle e manejo de vetores, uma armadilha deve ser específica, de baixo custo, simples de construir, de fácil operação e que não necessite de manutenção frequente.

### 2.6.1 Armadilha para coletar formas imaturas

Em meados dos anos 60, nos Estados Unidos, Fay e Perry, (1965) buscavam compreender preferências de oviposição de *A. aegypti*. Para isso, eles testaram uma variedade de cor, textura e, forma do sítio de oviposição. Mais tarde, Fay e Eliason (1966) concluíram que a Ovitampa (OVT) (Figura 13) consistia numa ferramenta de vigilância de baixo custo e sensível para determinar a presença de fêmeas adultas grávidas de *A. aegypti* em campo.

Figura 13 – Ovitampa



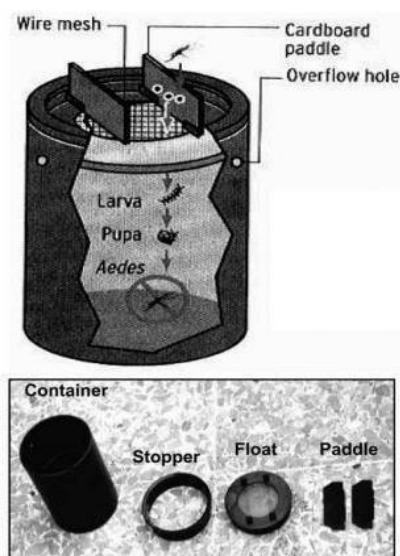
Fonte: A autora

Trata-se de um recipiente plástico na cor preta contendo água e algum tipo de substrato para oviposição, podendo ser tiras de madeira com uma face áspera que será acoplada ao recipiente verticalmente, ou qualquer outro material absorvente e que não seja liso, para segurar

os ovos (HOEL et al., 2011). As OVT's são armadilhas de uso peridomiciliar, devem ser instaladas ao abrigo do sol e da chuva, protegidas da circulação de animais, preferencialmente instaladas de 0,5 a 1,2 metros do chão (ALBUQUERQUE et al., 2019).

Posteriormente à sua criação, autores ao redor do mundo começaram a fazer uso da ovitrampa como ferramenta de controle para *A. aegypti*, a exemplo de Chan, (1973b), que foi o primeiro a utilizar a ovitrampa como medida suplementar de controle vetorial, conseguindo com seu estudo erradicar o *A. aegypti* em um aeroporto de Singapura, um ano após sua introdução. Lok et al. (1985) fizeram modificações com o objetivo de controle e possível erradicação de *A. aegypti*. Essas modificações consistiam na adição de uma tela de nylon na interface aquática da ovitrampa, que teria o objetivo de conter adultos, recém emergidos dos ovos depositados pelas fêmeas nas palhetas de madeira, conseqüentemente levando-os ao afogamento (Figura 14).

Figura 14 – Ovitampa autocida



Fonte: Ooi, et al (2006).

Legenda: Representação diagramática de uma ovitrampa autocida composta por um cilindro preto, uma tela de nylon ou arame em um dispositivo de flutuação e dois pedaços de papelão.

Em seu trabalho, Zeichner e Perich (1999), decidiram incorporar um componente letal à OVT. Eles testaram em laboratório a ovitrampa com substrato de oviposição impregnado com vários tipos de inseticidas, que fossem letais tanto para adultos, quanto para larvas. Os resultados foram favoráveis ao uso de piretróides, com eficácia para a mortalidade do *A. aegypti* nas formas imatura e adulta.

OVT's em conjunto com algum aditivo que potencialize sua função também é uma das apostas de quem trabalha com controle vetorial. Em 1927, um dos primeiros estudos com

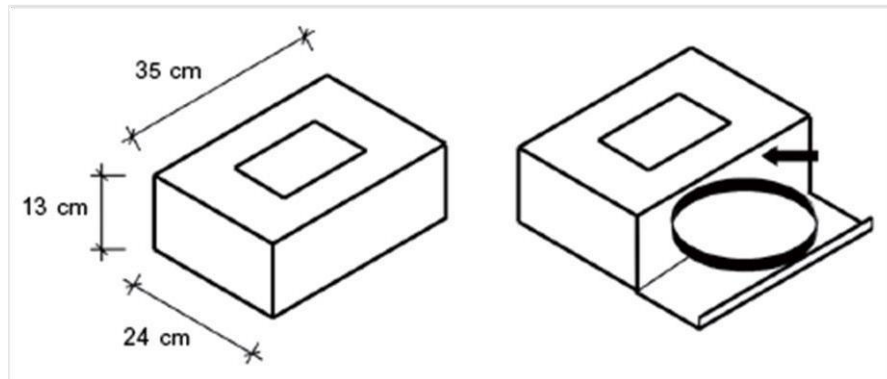
infusão de gramíneas, farelo, amidos, bactérias etc. como atraentes de oviposição, foi feito por Buxton (1927), utilizando fêmeas do gênero *Aedes*. Reiter et al., (1991), em seu trabalho investigou o potencial de atratividade da infusão de feno em concentrações diferentes para aprimoramento da OVT, e constatou que fêmeas de *A. aegypti* preferiram ovipositar na água com infusão de feno a 10%, em relação a água de torneira.

Faierstein, et al., (2019), mostrou em sua pesquisa, que, a junção de um larvicida biológico Bti, e, extrato aquoso de larvas do 4º estágio ou pupas, que por sua vez, contém estimulantes e dissuadores de oviposição, constitui um criadouro preferencial para fêmeas, tanto de *A. aegypti*, quanto de *C. quinquefasciatus*. Sabendo que a OVT é uma ferramenta bastante sensível e bem disseminada e utilizada ao redor do mundo, esses agentes atrativos entram como mais um instrumento para a potencialização da função dessas armadilhas.

Os índices larvais são atualmente os métodos padrão de vigilância e monitoramento adotados pelo PNCD. Todavia, as OVT mostram-se mais eficazes, com relação aos índices, pois detecta a presença do vetor também nas temporadas secas, além de mostrarem-se úteis na coleta de outras espécies de vetores, como por exemplo o *A. albopictus* (BELLINI et al., 1996; BRAGA, et al., 2000), coletando ovos massivamente, mesmo em áreas com baixa densidade populacional do vetor, os quais serão retirados do meio ambiente (JAKOB; BEVIER, 1969; TAGGARD; ELIASON, 1969; SERVICE, 1993).

Desenvolvida por Barbosa, et al, (2007), com o objetivo de coletar formas imaturas do mosquito *C. quinquefasciatus*, a BR-OVT, consistindo em uma caixa plástica preta (13 x 35 x 24 cm) com uma janela central (16 x 9 cm) na superfície superior, permitindo não só às fêmeas acessar o local de oviposição, mas também facilitar a percepção de pistas químicas emanadas de dentro do aparelho. No interior da armadilha vai uma tigela preta, com 21 cm de diâmetro e 3,50 cm de altura, contendo água, adicionada de um atrativo químico para oviposição (Figura 15).

Figura 15 – Desenho esquemático da BV-OVT



Fonte: Barbosa, et al (2007).

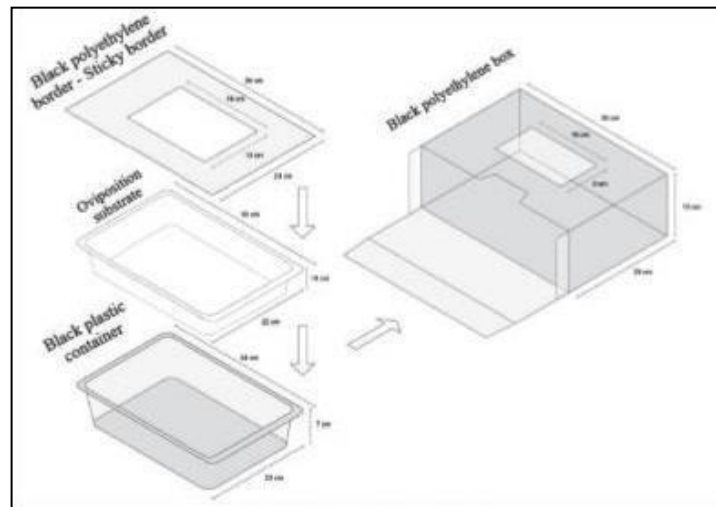
Xavier et al., (2020) desenvolveram uma armadilha, Double BR-OVT (Figura 16) (Figura 17), que tem uma vantagem com relação à BR-OVT: agrega diferentes funcionalidades em um único instrumento, podendo coletar concomitantemente ovos e mosquitos adultos de *C. quinquefasciatus* e *A. aegypti*, um recurso que o torna uma ferramenta potencialmente útil entre as estratégias de monitoramento e controle desses mosquitos.

Figura 16 – Double BR-OVT



Fonte: Xavier et al. (2020)

Figura 17 – Desenho esquemático da Double BR-OVT



Fonte: Xavier, et al (2020)

As larvitrapas (Figura 18) são utilizadas para coleta de larvas de *A. aegypti* e consistem em depósitos feitos de seções de pneus. Nas larvitrapas, a água da chuva que fica acumulada no pneu induz a eclosão das larvas e estas é que são contadas, ao invés dos ovos depositados nas paredes da armadilha (BRAGA; VALLE, 2007). Entretanto, seu emprego não é muito difundido uma vez que alguns autores observaram que seu desempenho não foi tão promissor quando comparado ao da OVT (MARQUES et al., 1993).

Figura 18 – Larvitrapa



Fonte: BRASIL (2018)

## 2.6.2 Instrumentos de busca ativa de culicídeos adultos

O aspirador mecânico, adaptado de Nasci, (1981), foi desenvolvido para a captura de



insetos adultos, utilizados para verificar a competência e a capacidade vetorial de mosquitos de importância médica-sanitária e distribuição da culicidofauna (FORATTINI, 2002; NASCI, 1981). O aspirador (Figura 19A) possui um tubo cilíndrico em alumínio medindo 75 cm, alças laterais, motor, hélice e saco em tecido *voil* (5 Kg) para captura dos mosquitos adultos. Seu funcionamento é acionado por uma bateria de 12 volts recarregável (FORATTINI, 2002). Na década de 1990, o CDC desenvolveu o aspirador *backpack* CDC (Figura 19B), contudo, seu peso (12 kg) e o seu custo (U\$ 150) eram fatores limitantes para a implementação deste método. Com o intuito de minimizar as limitações associadas ao uso do aspirador *backpack* CDC, o aspirador Prokopack (Figura 19B) foi criado como uma alternativa ao primeiro, proporcionando resultados similares por um custo menor, sendo também mais prático por ser de fácil manejo (MAIA et al., 2011). Os aspiradores descritos são muito eficientes na coleta de mosquitos adultos. Porém, esse instrumento apresenta limitações uma vez que o sucesso da coleta depende do acesso do ambiente intradomiciliar em determinados horários, do esforço e habilidade do operador e do bom condicionamento dos sacos coletores no campo, o que pode limitar a eficácia do instrumento (NUNES, 2013).

Figura 19 – Aspiradores mecânicos para a coleta de mosquitos adultos



Fonte: Maia et al, (2011).

Legenda: A – Aspirador Prokopack B – *Backpack* CDC.

### 2.6.3 Instrumentos de busca passiva de culicídeos adultos

A primeira armadilha destinada à coleta de mosquitos surgiu nos Estados Unidos. A New Jersey Light Trap (MULHERN, 1942) (Figura 20) consiste em um dispositivo atrativo para fêmeas em busca de hospedeiros, que corresponde ao período de pré-oviposição. O agente atrativo desta armadilha é a emissão de luz branca, a qual atrai insetos de hábito noturno,

principalmente do gênero *Culex*. Esta armadilha pode ter seu potencial de captura intensificado com a adição de dióxido de carbono. Os mosquitos são coletados através de aspiração e vão parar em uma espécie de saco coletor, permanecendo vivos dentro da armadilha. A New Jersey Light Trap foi projetada com o objetivo de aumentar os resultados da vigilância de adultos e diminuir o trabalho humano, e apesar de atender à essa função, possuem alguns pontos desfavoráveis ao seu uso em larga escala e à sua utilização em longos prazos, pois requer estar próxima de fontes de energia elétrica o que a torna ineficiente para monitoramento vetorial a longo prazo (MCNELLY, 1989).

Figura 20 – New Jersey Light Trap



Fonte: Bradford, 2005.

Buscando a otimização da armadilha New Jersey Light, Sudia e Chaberlain (1962), criaram a CDC-light Trap (Figura 21), que utiliza o mesmo princípio de atrair pela luz e capturar através de corrente de ar produzida por um ventilador. No entanto, a CDC foi produzida com materiais mais leves, uma bateria de 6 volts, e uma rede de coleta, sendo, desta forma, adotada como armadilha padrão para vigilância de arbovírus (MCNELLY, 1989).

Figura 21 – CDC-light Trap



Fonte: McNelly, (1989)

Reiter, em 1983, projetou uma armadilha (sem nome) (Figura 22) com o objetivo de capturar fêmeas grávidas do gênero *Culex*, e que opera produzindo corrente de ar ascendente de dentro dos limites de uma bandeja contendo água, de modo que os mosquitos são sugados para dentro de um recipiente coletor durante seu comportamento de pré-oviposição. Infusão de feno pode ser acrescentada a água, no intuito de intensificar o poder atrativo da armadilha.

É constante o trabalho na idealização e produção de dispositivos mais fidedignos no que diz respeito a obtenção de dados que contribuam para a epidemiologia de arboviroses. Capturar fêmeas de mosquitos adultos em busca de hospedeiros é o meio mais eficaz de se obter dados precisos referentes ao risco de infecção por arbovírus numa certa localidade (GEIER et al., 2006). A Biogents–Sentinel Trap® (BG-S) é uma armadilha de sucção para fêmeas em busca de alimentação sanguínea, e foi desenvolvida por BioGents GmbH, uma companhia spin-off do Instituto de Zoologia, da Universidade de Regensburg, Alemanha, além da participação do departamento de parasitologia da Universidade Federal de Minas Gerais (ROSE et al., 2006; KROCKEL et al., 2006), originalmente para monitorar *A. aegypti*, todavia, é atraente para uma série de outras espécies de vetores, como *A. albopictus* e flebotomíneos (GEIER et al., 2006; WILLIAMS; BAZIN, 2018).

Figura 22 – Armadilha para fêmeas grávidas de *Culex* sp.



Fonte: Reiter, 1987

A BG-S (Figura 23A) contém estímulos visuais e produz um fluxo de ar ascendente, mimetizando correntes de convecção produzidas pelo corpo humano (GEIER, 2014). Esse fluxo de ar produzido pode se tornar mais atrativo em conjunto com dispositivos que exalam odores atrativos para os mosquitos similares aos exalados pela pele humana, como o BioGents-Lure (BG-Lure) (Figura 23B), uma mistura não tóxica de substâncias como amônia, ácido lático e ácido caprótico, e o Octenol Lure (1-octen-3-ol; AgriSense BCS Ltd, Pontypridd, United Kingdom), além de dióxido de carbono (CO<sup>2</sup>) (ROCHLIN et al., 2015; ROSE et al., 2006; KROCKEL et al., 2006). Recomendável para utilização em peridomicílio (ALBUQUERQUE et al., 2019), esta armadilha consiste em um balde dobrável, revestido com um tecido permeável ao ar que varia entre as cores brancas e azul escuro. Possui uma abertura superior com tampa que permanece aberta enquanto o ventilador funciona. Esta abertura é continuada por um tubo preto central entrando pela armadilha, através do qual a corrente de ar produzida por um ventilador de 12v suga os mosquitos para um saquinho permeável ao ar, onde os mosquitos permanecerão todos armazenados (KROCKEL et al., 2006; ROSE et al. 2006).

Embora estudos mostrem a eficácia da BG-S na coleta e vigilância de vetores de importância médica, como *A. aegypti*, dos dois sexos, em todos os estados fisiológicos (nulíparas, grávidas, fêmeas alimentadas ou com sangue ou não alimentada) (EIRAS et al., 2014), em várias regiões do mundo (WILLIAMS et al., 2006; KROCKEL et al., 2006; FREITAS et al., 2006; MEERAUS et al., 2008; HAPAIRAI et al., 2013), sua utilização também apresenta desvantagens. Williams e Bazin (2018), avaliaram a eficácia da BG-S e uma outra armadilha para coletar fêmeas grávidas de *A. aegypti*, a BG Gravid *Aedes* Trap (BG-GAT), na coleta de mosquitos e potencial uso para uso pela comunidade civil, em uma cidade no sul da Austrália. Ficou constatado que a BG-S coletou nove vezes mais mosquitos que a BG-GAT,

sendo extremamente eficiente. No entanto, a primeira tem valor de custo por unidade alto, além da dependência de energia elétrica para o seu funcionamento, o que restringe seu uso apenas a ambientes próximos de tomadas elétricas.

Figura 23 – Armadilha BG-S



Fonte: a autora.

Legenda: A - armadilha BG-S em posição de funcionamento; B – BG-Lure, utilizado em conjunto com a armadilha para aumenta sua capacidade de atração de mosquitos.

Desenhada para a captura de fêmeas grávidas de *A. aegypti* durante a oviposição, a Adultrap® (Figura 24) utiliza água como isca atrativa, o que já tem sido visto da ovitrampa (Fay e Parry, 1965). Para além do sinal químico representado pela umidade, que convida a fêmea a ovipor, a adultrap também possui pistas visuais, como forma arredondada e cor escura, que representa para mosquitos adultos um lugar para descanso e acasalamento (DONATTI e GOMES, 2007). A adultrap é consiste em um pequeno balde de cor preta, cilíndrico, sua extremidade superior é côncava, contendo um espaço para a passagem do mosquito, e sua extremidade inferior é convexa. Em suas laterais é revestida por uma fina tela, a qual está ligada a um recipiente próprio para colocar água ou outro tipo de isca atrativa. Esse recipiente é formado por quatro cones, com um orifício central, voltados para a tela lateral. Seus orifícios minúsculos permitem passagem de ar e um certo grau de luminosidade natural. O diâmetro dessa peça mede 24 cm completando o corpo da armadilha. O conjunto e a montagem de todas as peças resultam na formação de dois compartimentos, o primeiro serve para a entrada do mosquito, e o segundo para retê-los entre os cones e a parede de tela. Uma alça externa serve para fixá-la no domicílio ou transportá-la manualmente ao laboratório. (DONATTI et al, 2007; GOMES et al., 2007).

Figura 24 – Adultrap®



Fonte: Gomes, et al (2007)

Apresenta eficácia de captura de mosquitos tanto no intra, quanto no peridomicílio, capturando fêmeas em estados fisiológicos diferentes, grávida em busca de criadouro, e fêmeas ainda em processo de desenvolvimento folicular em busca de abrigo/repouso, e revela um grande potencial como parâmetro de sensibilidade para avaliar eficácia do controle vetorial, bem como fornecer dados para epidemiologia, vigilância de arbovirose, além de usar apenas água como isca atrativa e ser de fácil manuseio (GOMES et al., 2007). Sua utilização em larga escala, principalmente em regiões pobres, de países em desenvolvimento, se torna limitada, pois a complexidade dos componentes necessários para a sua montagem, a torna cara (VIDAL et al., 2019).

A Gravid *Aedes* Trap (GAT) (Figura 25) foi construída baseada no comportamento de fuga de um confinamento escuro pela luz (EIRAS et al., 2014; RITCHIE et al., 2014), muito utilizado em armadilhas para moscas (THOMAS et al., 2001; DIÁZ-FLEICHER et al., 2009). Formada por um balde preto fosco em sua base, uma câmara translúcida encaixada com a base, separada da mesma por uma tela de náilon preta, e um funil preto de entrada, inserido no topo da câmara translúcida. Em sua base é colocada água fenada, e na tela de separação das duas partes da armadilha, é adicionado inseticida, matando as fêmeas grávidas que ali entram em buscar de ovipor, caracterizando a GAT como uma OVT letal. (RITCHIE et al, 2014).

Figura 25 – Gravid *Aedes* Trap (GAT)



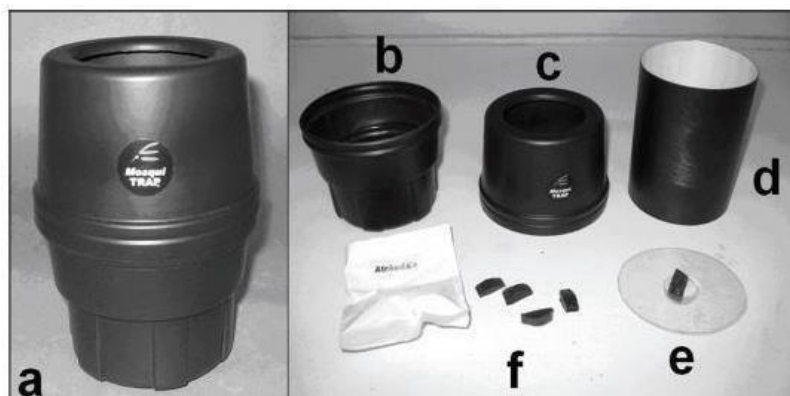
Fonte: Biogents (2022)

Em comparação com OVT's adesivas e BG-S, a GAT se mostrou uma armadilha eficiente na coleta de adultos, com vantagens sobre as OVT's por não utilizar cola para reter os mosquitos, e sobre a BG, por coletar, em sua maioria, fêmeas grávidas, podendo fornecer dados epidemiológicos relevantes quanto à transmissão de arbovírus. Todavia foi detectado que a GAT sem a adição de inseticida é pouco eficiente em manter os mosquitos presos (RITCHIE et al., 2014).

A MosquiTRAP® (Figura 26A) é uma armadilha criada por Eiras (2002), com base no comportamento de oviposição de fêmeas de *A. aegypti*, dentro do recipiente, possível criadouro (GAMA et al., 2007). A primeira versão consistia basicamente em um pote plástico de cor escura, semelhante à ovitrampa, contendo como atraente de oviposição infusão de gramínea, e um cartão adesivo removível, na parte interna, logo acima da superfície da água, onde os mosquitos ficam grudados após entrarem para ovipositar (SANTANA et al., 2006), mostrando ser efetiva na coleta de mosquitos adultos, tanto em ambiente controlado, quanto em campo, além de ter baixo custo na sua produção (GAMA et al., 2007).

A segunda versão da armadilha, a MosquiTRAP 2.0, consiste em um frasco de cor preta, fosca, de aproximadamente dois litros, dividido em duas partes, a parte inferior (base) da armadilha contendo 300 ml de água da torneira e uma tela para evitar a postura de fêmeas grávidas de *A. aegypti*. E a parte superior, que acopla na base, acima do nível da água. Entre a base e a parte superior é colocado um cartão adesivo inodoro com o atraente sintético de oviposição (AtrAedes®) (Figura 26F), fixado na tela de proteção que evita o contato do mosquito com a água (FÁVARO et al., 2008).

Figura 27 – Mosquitrap® versão 2.0



Fonte: Resende (2010).

Legenda: A – Mosquitrap® 2.0; B – parte inferior onde se coloca água; C – parte superior (tampa); D – Cartão adesivo colocado no interior da armadilha; E – Tela de proteção que evita o contato do mosquito com a água, e serve de suporte para o *AtrAedes*; F – *AtrAedes* (atraente de oviposição sintético).

O local ideal para a instalação desta armadilha é no peridomicílio dos imóveis (FÁVARO et al., 2006; GAMA et al., 2007), caracterizando-se assim como um método não invasivo, pois o agente de saúde não necessita adentrar à residência, facilitando assim o seu uso como dispositivo de monitoramento (MACIEL-DE-FREITAS et al., 2006). Assim como a ovitrampa, essa armadilha também se mostra mais sensível para a detecção de *A. aegypti*, quando comparada aos índices de levantamentos larvais (GAMA et al., 2007).

A Double Sticky Trap (DSO) (Figura 27) consiste em um balde de golfe preto, sendo sua parte inferior (base), com capacidade para 1,2L, com dois painéis de plástico, revestidos com adesivo de polibutileno, colocados um contra o outro, na parte interna do balde. Sua parte superior também é um balde de golfe, igual a base, porém, com o fundo removido, sendo a entrada da armadilha, onde também foram colocados dois painéis adesivos. As duas partes são presas com cliques dobráveis, e dentro da armadilha é adicionada água e um substrato para oviposição (CHADEE; RITCHIE, 2010).

Chadee e Ritchie (2010), compararam a eficácia da DSO com a ovitrampa (FAY; PERRY, 1965); e com a Sticky Trap (FACCHINELLI et al., 2007), e os resultados mostraram vantagens da DSO sobre as demais, coletando significativamente mais adultos, o que fornece material para a realização de diagnóstico de arbovírus (CHADEE; RITCHIE, 2010a), para estudos fisiológicos que medem taxa de sobrevivência das fêmeas, e, com a retirada de fêmeas adultas do meio ambiente, reduz o contato homem-vetor (CHADEE; RITCHIE, 2010b).



Figura 27 – Double Sticky Trap (DSO)



Fonte: Chadde e Ritchie (2010).

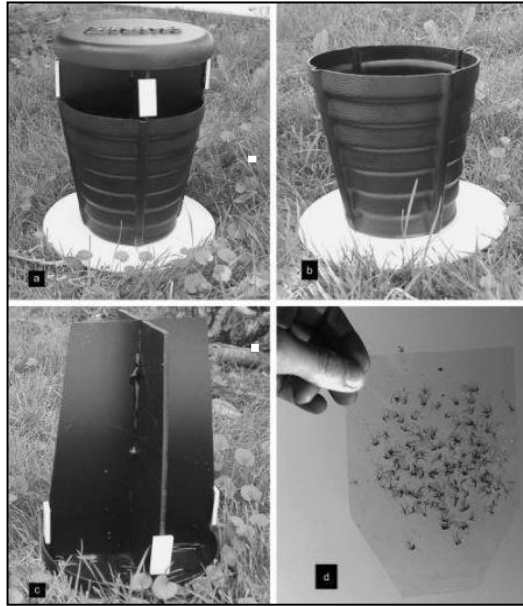
Legenda: A – parte externa da armadilha; B – parte interna da armadilha.

Em outro trabalho, Chadee e Ritchie (2010), avaliando o comportamento de oviposição e taxa de paridade de *A. aegypti*, coletados por armadilhas adesivas em Trinidad, foi encontrado um alto número de imaturos nas armadilhas adesivas, em relação à ovitrampas. Diante disso, fêmeas grávidas sob forte estresse, quando grudam na cola da armadilha, realizam “oviposição por estresse de morte”, soltando os ovos na superfície da água. Observado no trabalho de Facchinelli et al., (2007), esse comportamento fez fêmeas grudadas em sticky traps também ovipositarem no local onde permaneceram grudadas. Esse comportamento pode limitar o uso de armadilhas adesivas como DSO, pois dessa forma correm risco de tornarem-se criadouros em potencial.

Desenvolvida com o objetivo de coletar ovos e mosquitos fêmeas de *Stegomyia*, e, a Sticky Trap (Figura 28) diferencia-se de outras armadilhas adesivas pelo tamanho maior de sua superfície adesiva, aumentando as chances de captura de adultos (FACCHINELLI et al., 2007).

Feita de plástico preto, a armadilha é composta por dois elementos, o primeiro recipiente é a base onde é colocada a água, em forma de cone truncado invertido. Nele fica contido dois painéis revestidos de uma película transparente adesiva, que se cruzam perpendicularmente, e que subdividem o volume superior da armadilha em quatro partes. Por fim, possui um topo redondo que excede um pouco os limites da armadilha, a fim de protegê-la do sol e da chuva (FACCHINELLI, 2007). Em seu trabalho de descrição e eficácia da armadilha, Facchinelli et al., (2007) observou a captura principalmente de *A. albopictus*, devido às condições climáticas da região (clima temperado). A Sticky trap coletou significativamente mais mosquitos do gênero *Culex*, na Tailândia (FACCHINELLI et al., 2008).

Figura 28 – Sticky Trap



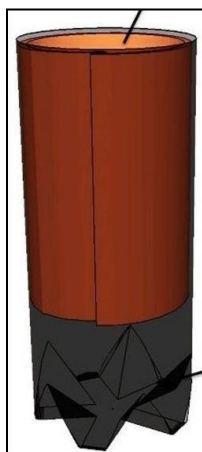
Fonte: Facchinelli (2007)

A AedesTrap (SANTOS et al., 2012) (Figura 29) consiste em uma armadilha adesiva para fêmeas grávidas, confeccionada a partir de uma garrafa PET de 2L, com 20cm de comprimento, e 10 cm de largura, de cor preta, projetada para coleta de adultos de *A. aegypti*. Em sua parte interna, foi colocado um material de borracha do tamanho da armadilha, contendo uma face adesiva para a captura dos mosquitos que ali pousassem.

O estudo de avaliação de sua eficácia em campo, mostrou que a armadilha funciona melhor no peri, do que no intradomicílio, corroborando achados de outros autores, com relação à armadilhas de oviposição.

Seu desempenho foi considerado semelhante ao desempenho de outras armadilhas adesivas existentes, apresentando variações consideráveis, em todo o período do estudo, com baixas taxas de captura, que sofrem interferência direta de fatores abióticos, e características intrínsecas do vetor, como o comportamento de skip oviposition (SANTOS et al., 2012).

Figura 29 – *Aedestrap*



Fonte: Santos, et al (2012)

No entanto trata-se de um dispositivo de fácil produção, e manuseio, feito a partir de materiais recicláveis e de baixo custo, o que torna seu uso em larga escala possível, além de ter se mostrado operacionalmente viável, se enquadrando nas condições dos serviços de saúde, no Brasil (SANTOS et al., 2012).

### 3 JUSTIFICATIVA

Buscando contribuir para minorar o risco iminente de contrair doenças e o incômodo causado pelos mosquitos, promovendo o bem-estar da população, este projeto propôs avaliar um protótipo de armadilha, de baixo custo, independente de energia, que seja eficiente e competitivo com os criadouros naturais de fêmeas grávidas de *Aedes aegypti*, para a coleta de adultos vivos e ovos. Essa armadilha poderá ser utilizada para monitoramento de arbovírus circulantes em áreas estratégicas. As armadilhas disponíveis atualmente para a vigilância entomológica de *A. aegypti* falham em coletar fêmeas ainda vivas para favorecer a vigilância dos arbovírus circulantes, nesta espécie de grande importância epidemiológica. Além disso, questões relacionadas ao custo da maioria destes instrumentos e sua forte dependência de fontes de energia limitam seu uso nos programas de controle.

Pretende-se assim, integrar aos métodos de controle utilizados na vigilância de culicídeos vetores, uma ferramenta inovadora que seja capaz de contribuir para o controle da densidade populacional do mosquito *Aedes aegypti* e *Culex quinquefasciatus*, bem como, o monitoramento de arbovírus circulantes em indivíduos adultos coletados vivos. Ações como estas fazem parte do pilar de sustentação das Ações de Controle Efetivo e Sustentável de Vetores Localmente Adaptados, descrito no novo programa de controle de vetores da Organização Mundial de Saúde (2017).



#### **4 PERGUNTA CONDUTORA**

O protótipo BR-Adult é eficiente para a coleta de ovos e adultos de *A.*, independente do uso da energia elétrica?



## **5 HIPÓTESE**

O protótipo BR-Adult é eficiente para a coleta de ovos e mosquitos adultos vivos de *Aedes aegypti* e *Culex quinquefasciatus*.





## 6 OBJETIVO GERAL

Aprimorar e avaliar a eficácia de um novo modelo de armadilha, BR-Adult, capaz de coletar ovos e adultos vivos de *Aedes aegypti* e *Culex quinquefasciatus*.

### 6.1 OBEJTIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o desempenho da BR-Adult em coletar ovos e adultos de *Aedes aegypti* e *Culex quinquefasciatus* em condições simuladas de campo;
- Avaliar o desempenho da BR-Adult em comparação com armadilha Double BR-OVT em condições simuladas de campo;
- Avaliar o desempenho da BR-Adult em coletar ovos e adultos de *Aedes aegypti* e *Culex quinquefasciatus* em teste de piloto de campo;



## 7 METODOLOGIA

### 7.1 ÁREA DE ESTUDO

Os ensaios em condições simuladas de campo e o teste piloto de campo foram conduzidos nas dependências externas e internas do Instituto Aggeu Magalhães/FIOCRUZ-PE (IAM/FIOCRUZ-PE). Os ensaios em condições simuladas de campo foram realizados em uma área de Experimentação Comportamental André Furtado e Lêda Regis (Figura 30). É uma estrutura de 26 m<sup>2</sup>, com dois cômodos internos e um terceiro externo telado, que simula o ambiente peridomiciliar, permitindo circulação de ar entre o ambiente interno e externo.

Figura 30 – Sala de experimentação comportamental Lêda Regis e André Furtado



Fonte: IAM/Fiocruz-PE

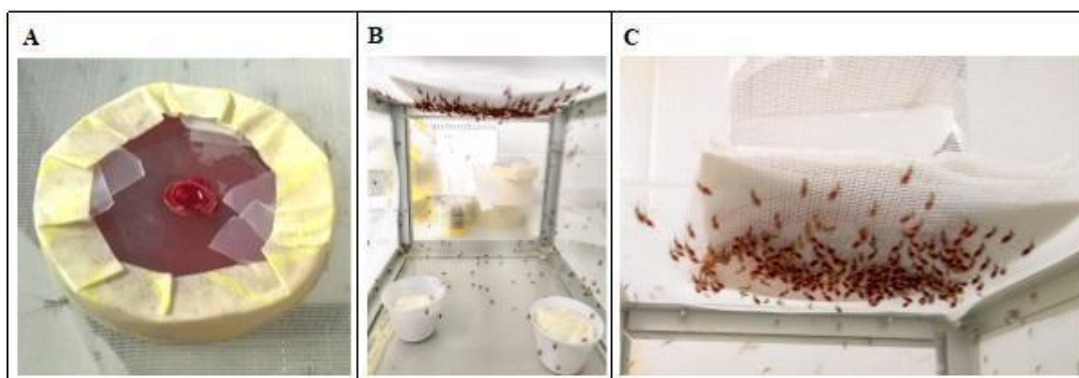
Legenda: A – área externa; B – Área interna;

### 7.2 OBTENÇÃO DOS MOSQUITOS E REPASTO SANGUÍNEO PARA ENSAIO DE CAMPO SIMULADO

Os mosquitos das espécies *Aedes aegypti* e *Culex quinquefasciatus* foram obtidos das colônias mantidas no insetário do Departamento de Entomologia do IAM-FIOCRUZ-PE. As colônias de *A. aegypti* (Rec-L) (Araujo et al 2017), e *C. quinquefasciatus* (CqSL) (Amorim et al., 2013) foram estabelecidas em 1996 a partir de ovos coletados em bairros de Recife-PE e no bairro de Peixinhos, Olinda-PE, respectivamente. Os imaturos foram criados em recipientes contendo uma proporção aproximada de 300 indivíduos para cada litro de água de abastecimento público, e oferta de alimento (ração para gatos Friskies®) a cada dois dias. Na sala de criação larvária, o fotoperíodo foi ajustado para 14:10 h, com temperatura média de  $27 \pm 2$  °C e registros diários de umidade relativa, que variaram entre 70 e 89%.

Quando as larvas atingiram o estágio de pupa, os recipientes de criação foram telados para aprisionamento dos mosquitos adultos. Após a emergência, os mosquitos eram transferidos para uma gaiola de alumínio telada, apropriada para contenção dos adultos (30 x 22 x 20 cm), com disponibilidade de alimento *ad libitum* em algodões, um embebido com água e outro com solução de sacarose a 10%. Os mosquitos foram agrupados em aproximadamente 800 indivíduos, entre machos e fêmeas (1:1), e entre o sétimo e o décimo dia após a emergência, foi oferecido um repasto sanguíneo artificial com 20 ml de sangue desfibrinado do coelho *Oryctolagus cuniculus* (Faienstein, 2021) (Figura 31).

Figura 31 – fotografias ilustrativas das fêmeas de *A. aegypti* em alimentação sanguínea artificial



Fonte: Faienstein (2021)

Legenda: A – Placa de petri contendo sangue para alimentação artificial dos mosquitos; B – Visão interna da gaiola, contendo *C. quinquefasciatus*; C – Visão interna da gaiola: mosquitos *C. quinquefasciatus* sugando o sangue da placa de petri através da tela da gaiola;

## 7.3 ARMADILHAS

### 7.3.1 BR-Adult (versão 1)

O protótipo da armadilha, BR-Adult (Faienstein, 2021) foi construída a partir de materiais plásticos de baixo custo (Figura 32), cujos componentes são, um balde para retenção de água (12 L) com 26 cm de altura foi pintado de preto fosco (Figura 32A), nas laterais do balde, foram feitas duas aberturas paralelas de 5 cm<sup>2</sup>, permitindo iluminação e circulação de ar, funcionando como falsa saída para os mosquitos (Figura 32F). No centro da tampa do balde, foi realizado um corte circular de 15 cm de diâmetro, configurando a entrada e saída da armadilha (Figura 32E). Em seguida, um recipiente transparente fosco com tampa foi adaptado para servir como câmara para contenção de mosquitos. Foi realizado um corte circular de 15

cm de diâmetro na tampa do recipiente, e posteriormente o corte foi revestido com tela, permitindo escoamento de água. Além disso, o fundo do recipiente foi removido. O recipiente foi fixado na tampa do balde, por onde as aberturas coincidiram (Figura 32). Desta forma, o recipiente foi capaz de entrar e sair do balde, sempre aderido a tampa. Em torno da abertura da tampa, foi colado tecido (tule) afunilado voltado para o interior da armadilha até atingir um diâmetro de 10 cm, possibilitando suspender o funil (Figura 32C). O funil também foi pintado de preto fosco também, e quando suspenso pelo tule no interior da armadilha, se distanciava entre 3 e 5 cm da lâmina d'água (Figura 32 D e E).

Figura 32 – BR-Adult (versão 1) desmontada, e suas partes.



Fonte: A autora.

Legenda: A – balde externo onde fica água; B – recipiente interno, onde fica o substrato de oviposição; C – vista superior do recipiente interno da armadilha. Na tampa do recipiente foi adaptada uma tela de nylon, para a entrada da água; D – Funil por onde o mosquito entrará na armadilha; E – Visão superior da armadilha; F – aberturas laterais, cobertas com tela de nylon, no balde externo, para a entrada de luz.

Quatro palhetas de Eucatex (Figura 33) foram unidas por uma fita crepe, para formar uma concavidade, e inseridas dentro da câmara coletora, contornando cerca de 1/3 do seu interior, servindo como substrato de oviposição para mosquitos *Aedes*. A avaliação da

sensibilidade da armadilha BR-Adult (Versão 1) fez parte de um dos objetivos da tese de Faierstein 2021. Os resultados dos sete testes realizados em condições simuladas de campo, revelaram uma baixa coleta, visto que apenas 20% das fêmeas liberadas foram capturadas. No entanto, em nenhuma observação a armadilha foi recolhida sem mosquitos adultos aprisionados, o que sugeriu que sua eficácia poderia ser melhorada a medida em que o instrumento fosse modificado e aperfeiçoado. Partindo desta premissa, foram realizadas algumas modificações estruturais na armadilha (versão 2 e 3) descrito acima no item 7.3, para realização dos objetivos propostos deste projeto.

Figura 33 – Palheta de Eucatex

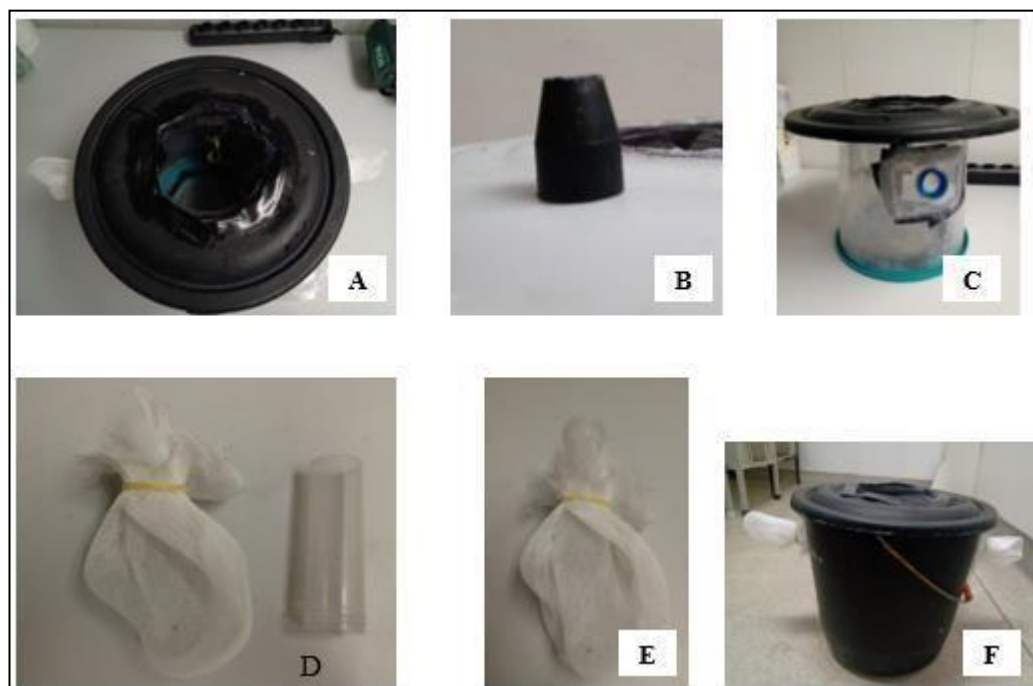


Fonte: A autora

### 7.3.2 BR-Adult (versão 2)

Em agosto de 2020, a armadilha sofreu algumas modificações estruturais, no intuito de obter melhores resultados em relação às versões anteriores. O funil de entrada foi substituído por um tubo de plástico pintado de preto com 2,5 cm de diâmetro, medindo em torno de 3 cm de comprimento (Figura 34B), fixado a um tecido fino preto (tule). Esta modificação permitiria uma maior entrada de luz na armadilha. Foram feitos também duas aberturas nas laterais do recipiente interno, a mais ou menos 15 cm de distância da base do recipiente (Figura 34C). Nessas aberturas foram fixados um tubo de plástico (10 cm) com diâmetro de 2,5 cm, presos a um saco coletor de tela (Figura 34D e E). Estes tubos teriam a função de rotas de saída, usadas para confundir o mosquito em sua tentativa de fuga, mantendo-o aprisionado na armadilha (Figura 34F).

Figura 34 – Descrição da BR-Adult (versão 3)



Fonte: A autora.

Legenda: A – vista superior da Br-Adult; B – Funil; C – Recipiente interno da Br-Adult; D – Rede de nylon e tubo plástico cilíndrico cortado no fundo; E – tubo plástico envolto com a rede de nylon; F – BR-Adult montada, com os tubos plásticos encaixados nas laterais.

### 7.3.3 BR-Adult (versão 3)

Em janeiro de 2021, especificamente para os testes em campo simulado, a armadilha sofreu mais uma pequena modificação no tubo de entrada, sendo substituída por um menor de 1,5 cm de diâmetro com 3 cm de comprimento, também pintado de preto. Essa modificação foi realizada para aumentar as chances de conter os mosquitos no interior das armadilhas.

### 7.3.4 Double BR-OVT

A armadilha Double BR-OVT (Figura 27) foi desenvolvida por Xavier et al., (2020). Composta por uma caixa de polietileno preta medindo 13 × 35 × 24 cm, com uma abertura central de 16 × 9 cm na face superior, para entrada de mosquitos. No interior da caixa é acondicionado um recipiente retangular de plástico preto (4 L) e suposto a este, uma borda de polietileno preta adesiva. Além disso, uma faixa de tecido de algodão cru ou morim (10 × 110 cm), revestindo a parede interna do recipiente, utilizada para coletar ovos de *A. aegypti*.



## 7.4 Testes em condições simuladas de campo

Os testes em condições simuladas de campo foram realizados na área externa telada, da sala experimental de comportamento André Furtado e Lêda Regis. Este espaço mimetizou um ambiente de peridomicílio, frequentemente encontrado em imóveis residenciais de municípios brasileiros.

### 7.4.1 Avaliação da eficácia da BR-Adult: Versão 1 comparada à Versão 3

Foram instaladas duas armadilhas BR-Adult nas versões 1 e 3 no mesmo ambiente teste. Para cada armadilha foram adicionados no seu interior 4 litros de água de torneira e 2,5 g de larvicida Vectobac WG (Bti) e um algodão com solução açucarada a 10%. Para cada teste foram liberadas 50 machos e 50 fêmeas grávidas de *A. aegypti*, alimentadas com sangue de coelho, em 3 ou 6 repetições. Ao final de três dias, as armadilhas eram recolhidas, os mosquitos adultos capturados eram removidos e identificados (sexo e espécie) com o auxílio do sugador de Castro, e os ovos depositados nas palhetas eram contabilizados com o auxílio de um microscópio estereoscópico. Houve um rodízio de posição, trocando as duas armadilhas de lugar a cada três dias de avaliação.

### 7.4.2 Avaliação da BR-Adult nas Versões 1 e 3 comparada a Double BR-OVT

Foram realizados dois testes em momentos distintos, utilizando a BR-Adult na Versão 1 e na Versão 2 comparadas a armadilha Double BR-OVT. Para estes testes, a armadilha BR-Adult foi instalada com a armadilha Double BR-OVT no mesmo ambiente teste. Na armadilha BR-Adult foram colocados 4 litros de água, 2,5 g de Bti, e uma palheta de eucatex (15x46cm). Para cada teste foram liberados na área experimental 50 machos e 50 fêmeas grávidas de *A. aegypti* e *C. quinquefasciatus*, alimentadas com sangue de coelho. Na armadilha Double BR-OVT, foi colocado 2L de água e 1,0g de Bti (Xavier et al 2021). Ao final de 3 dias, as armadilhas eram recolhidas, os mosquitos adultos que estavam apreendidos na BR-Adult ou colados na parte adesiva da Double BR-OVT foram contabilizados, bem como os ovos e jangadas coletados nas duas armadilhas. Houve um rodízio de posição, onde as duas armadilhas trocaram de lugar a cada rodada (3 dias) de avaliação.

### 7.5 TESTE PILOTO EM CAMPO COM A BR-ADULT: versão 1, 2 e 3

Foram selecionados seis pontos (Quadro 2) diferentes na área externa no IAM/FIOCRUZ-PE (Figura 36), ficando uma armadilha em cada um dos pontos selecionados previamente. Esses pontos foram selecionados com base nos critérios de presença de vegetação e fluxo de pessoas transitando nas proximidades. As manutenções das armadilhas foram realizadas após um período de sete dias em campo, sendo a água com Bti trocadas a cada 15 dias e as palhetas a cada 7 dias.

Quadro 2 – Descrição dos pontos e localizações das armadilhas em campo

<b>Ponto 1</b>	Área externa do IAM, no estacionamento de motos, ao lado da parede externa da quadra. Próxima ao canal do Cavouco e da vegetação em torno dele. Fluxo moderado de pessoas (Figura 35A).
<b>Ponto 2</b>	Área interna do IAM, no corredor onde ficam os banheiros da quadra poliesportiva do IAM. Fluxo baixo de pessoas (Figura 35B).
<b>Ponto 3</b>	Área interna do IAM, próximo à escada que dá acesso ao mezanino, ao lado do sofá. Próximo ao jardim. Fluxo de pessoas de moderado a intenso (Figura 35D).
<b>Ponto 4</b>	Área interna do IAM, próximo ao auditório e ao jardim. Fluxo moderado de pessoas (Figura 35B).
<b>Ponto 5</b>	Área interna do IAM, por trás da marcenaria, embaixo de uma escada. Nenhuma vegetação por perto, fluxo baixo de pessoas (Figura 35C).
<b>Ponto 6</b>	Área interna do IAM, ao lado da Sticky house. Próximo a uma árvore frutífera, fluxo moderado de pessoas (Figura 35E).

Fonte: a autora.

Figura 36 – Foto das localizações das armadilhas em campo



Fonte: A autora.

## 7.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os ensaios pareados em campo simulado foram avaliados pelo teste não paramétrico de Wilcoxon. Além disso, foi calculado a porcentagem dos mosquitos capturados, representado pela Taxa de Captura (TC), calculado pela fórmula  $TC = (MC \div ML) \times 100$ , em que MC é o total de mosquitos capturados, enquanto ML é o total de mosquitos liberados no espaço. Todas as análises foram realizadas pelo software GraphPad (Prism 9ª versão), enquanto os Gráficos e as tabelas foram criados no Excel (Microsoft Office 360).

## 8 RESULTADOS

### 8.1 AVALIAÇÕES EM CAMPO SIMULADO

#### 8.1.1 Desempenho da BR-Adult (versão 1) comparada à Double BR-OVT

A avaliação das seis repetições do teste pareado BR-Adult (versão 1) versus Double BR-OVT demonstrou que a BR-Adult (versão 1) esteve positiva para fêmeas de *A. aegypti* em apenas uma delas e negativa para *C. quinquefasciatus*. Coletou 179 ovos e 1 fêmea de *A. aegypti*, com média de 30 ovos, por repetição e a Double BR-OVT coletou 3.593 ovos e 70 fêmeas de *A. aegypti*, com média de 599 ovos e 12 fêmeas, por repetição. A taxa de captura média de adultos da Double BR-OVT foi de 10%. Não foi observado sucesso na captura de machos de *A. aegypti* e adultos de *C. quinquefasciatus* pela BR-Adult, assim como não foi observado sucesso na captura de machos de *C. quinquefasciatus* pela BR-OVT, nas condições impostas, quando foram realizados os testes (Tabela 1). Revelou positividade de 83% e 50% para as mesma espécies, respectivamente, inclusive, coletando machos em 50% das repetições.

Tabela 1 – Número total de ovos e adultos coletados na avaliação da BR-Adult (versão 1) comparada com a Double BR-OVT, em campo simulado

Repetições	BR-Adult (versão1)						Double BR-OVT					
	Ovos	Adultos				TC (%)	Ovos	Adultos				TC (%)
		<i>C. qq</i>		<i>A. aegypti</i>				<i>C. qq</i>		<i>A. aegypti</i>		
	♂	♀	♂	♀		♂	♀	♂	♀			
1	45	0	0	0	1	2	323	0	0	10	35	22,5
2	0	0	0	0	0	0	454	0	8	2	8	9
3	39	0	0	0	0	0	1301	0	8	0	10	9
4	0	0	0	0	0	0	605	0	0	0	10	5
5	95	0	0	0	0	0	238	0	22	0	7	14,5
6	0	0	0	0	0	0	672	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	179	0	0	0	1	0	3593	0	38	12	70	-
<b>Média</b>	30	0	0	0	0	0	599	0	6	2	12	10
<b>Desvio Padrão</b>	38	0	0	0	0,4	0,8	381	0	9	4	12	8

Fonte: A autora

Legenda: Jang. = jangadas; TC = Taxa de captura; *C. qq*: = *Culex quinquefasciatus*. *A. aegypti*= *Aedes aegypti*.

#### 8.1.2 Desempenho da BR-Adult (versão 3) comparada à Double BR-OVT

Após uma nova modificação em sua estrutura (descrita em 8.3.3), a BR-Adult (versão 3) foi avaliada novamente em comparação com a Double BR-OVT. Foram realizadas sete repetições, com 50 machos e 50 fêmeas de *A. aegypti*, e seis repetições com machos e fêmeas de *C. quinquefasciatus*. A partir das amostras coletadas, foram calculados a soma total, a média e o desvio padrão de jangadas, ovos de *A. aegypti*, machos e fêmeas de *A. aegypti* e *C. quinquefasciatus*. A Double BR-OVT coletou 51 jangadas, 122 fêmeas de *C. quinquefasciatus*, e 6092 ovos e 84 fêmeas de *A. aegypti*. A média de coleta de jangadas e fêmeas de *C. quinquefasciatus* foi de 7 e 17, respectivamente, e a média de coleta de ovos e fêmeas de *A. aegypti*, foi de 870 e 12, respectivamente, tendo um percentual médio de taxa de captura de adultos de 15%, por repetição. A BR-Adult coletou 22 jangadas, 1 macho e 19 fêmeas de *C. quinquefasciatus*, e, 1929 ovos e 26 fêmeas *A. aegypti*. A média de coleta de jangadas, fêmeas e machos de *C. quinquefasciatus* foi de 3, 1 e 4, respectivamente, por repetição, tendo um percentual médio de taxa de captura de 4% (Tabela 2).

Tabela 2 – Número total de ovos e adultos coletados na avaliação da BR-Adult (versão 3) comparada à BR-OVT em campo simulado

Repetições	Double BR-OVT							BR-Adult (versão 3)						
	Jang.	Ovos	Adultos				T.C (%)	Jang.	Ovos	Adultos				T.C (%)
			<i>C. qq</i>		<i>A. aegypti</i>					<i>C. qq</i>		<i>A. aegypti</i>		
			♂	♀	♂	♀				♂	♀	♂	♀	
1*	0	233	-	-	0	7	7	0	134	0	0	0	5	5
2	0	181	0	21	0	3	12	0	98	0	0	0	3	1,5
3	15	1532	0	14	0	21	17,5	10	35	0	6	0	6	6
4	4	1495	0	18	0	17	17,5	0	244	0	0	0	1	0,5
5	10	798	0	32	0	14	23	2	0	0	8	0	1	4,5
6	12	975	0	21	0	0	10,5	0	975	0	0	0	7	3,5
7	10	878	0	16	0	22	19	10	443	1	5	0	3	4,5
<b>Soma</b>	<b>51</b>	<b>6092</b>	-	<b>122</b>	<b>0</b>	<b>84</b>	-	<b>22</b>	<b>1929</b>	<b>1</b>	<b>19</b>	<b>0</b>	<b>26</b>	-
<b>Média</b>	<b>7</b>	<b>870</b>	-	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>3</b>	<b>276</b>	-	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>DesvPad</b>	<b>6</b>	<b>536</b>	-	<b>6,3</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>342</b>	-	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

Fonte: A autora.

Legenda- DesvPad: desvio padrão.

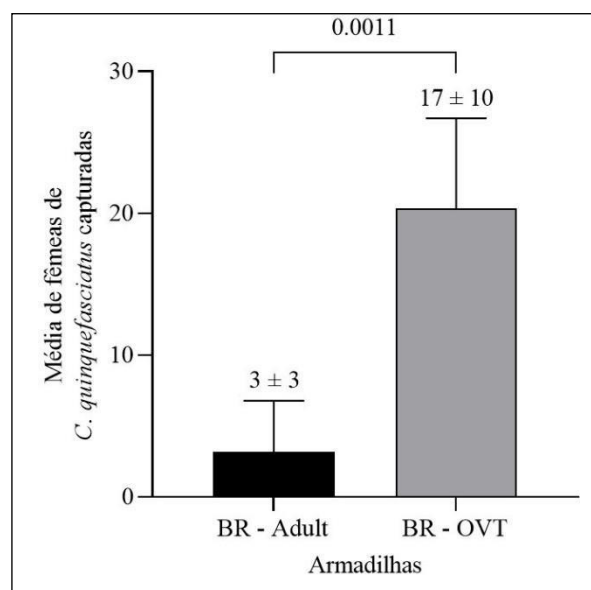
Descrição- 1\*: a primeira repetição foi realizada apenas com mosquitos *A. aegypti*.

Legenda: Jang. = jangadas; TC = Taxa de captura; *C. qq* = *Culex quinquefasciatus*. *A. aegypti* = *Aedes aegypti*.

Na armadilha Double BR OVT a média das taxas de captura das fêmeas de *A. aegypti* e *C. quinquefasciatus* foram respectivamente  $40,6 \pm 12,7\%$ , enquanto para BR-Adult (versão 3), *A. aegypti* ( $7,4 \pm 4,7\%$ ) e *C. quinquefasciatus* ( $5,4 \pm 6,9\%$  / machos =  $0,29 \pm 0,7\%$ ).

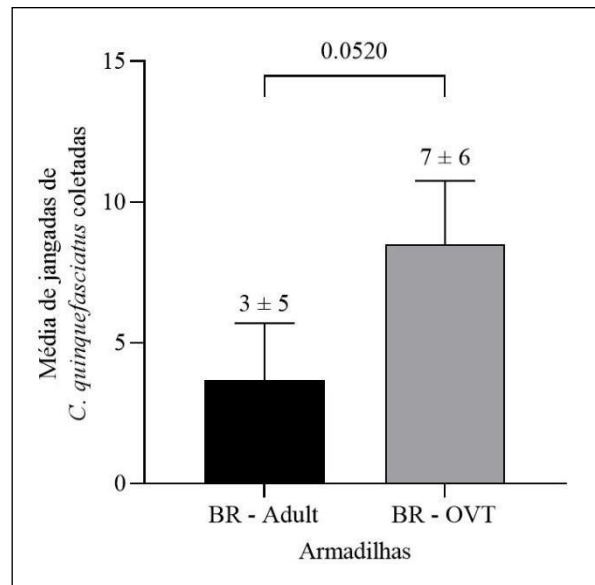
Em relação a captura de *C. quinquefasciatus*, a Double BR-OVT coletou significativamente mais fêmeas ( $p=0,0011$ ) (Figura 37), mas não houve diferença significativa ( $p=0,052$ ) na coleta de jangadas entre as armadilhas (Figura 38). Comparando o potencial de eficácia da BR-Adult (versão 3) para a coleta de ovos de *A. aegypti* (Figura 39), foi observada diferença significativa ( $p=0,0399$ ) entre as armadilhas, com a Double BR-OVT coletando ovos em maior número. Por outro lado, não houve diferença significativa ( $p=0,0679$ ) entre as duas armadilhas, na coleta de fêmeas de *A. aegypti* (Figura 40). Não foi observado sucesso para a captura de machos nas condições em que as armadilhas foram instaladas.

Figura 37 – Média de fêmeas de *C. quinquefasciatus* coletadas nas armadilhas BR-Adult (versão 3) e BR-OVT, durante os ensaios de campo simulado.



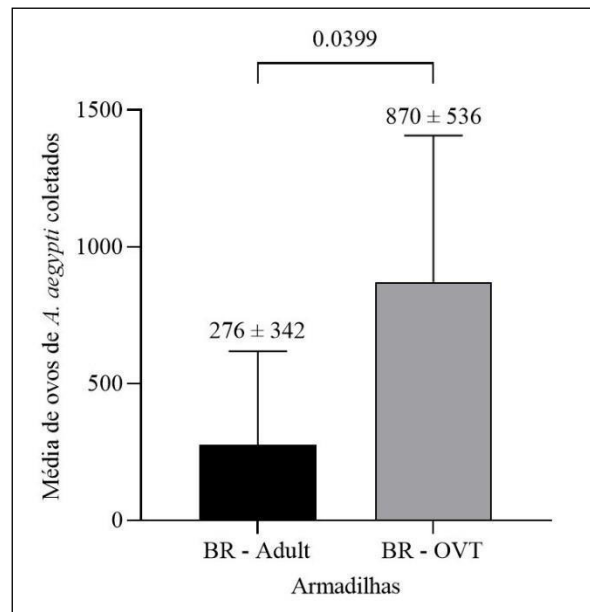
Fonte: a autora.

Figura 38 – Média de jangadas de *C. quinquefasciatus* coletadas nas armadilhas BR-Adult (versão 3) e BR-OVT durante os ensaios em campo simulado



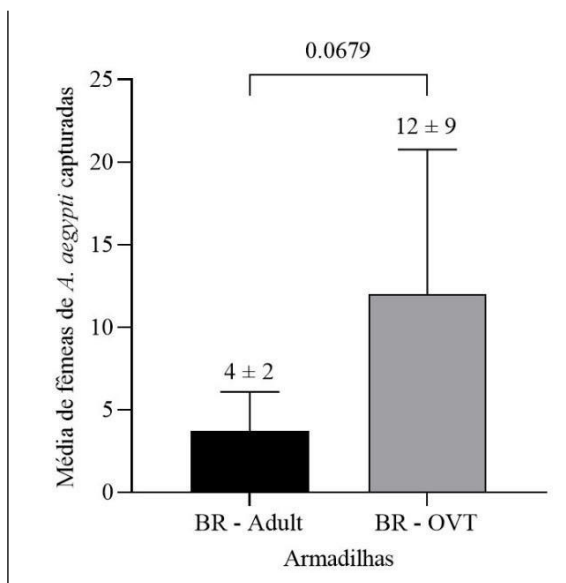
Fonte: a autora.

Figura 39 – Média de ovos de *A. aegypti* coletados nas armadilhas BR-Adult(versão 3) e BR-OVT, durante os ensaios em campo simulado



Fonte: a autora.

Figura 40 – Média de fêmeas de *A. aegypti* coletadas nas armadilhas BR-Adult (versão 3) e BR-OVT durante os ensaios de campo simulado



Fonte: a autora.

### 8.1.3 Avaliação da eficácia da BR-Adult Versão 1 versus Versão 3

A avaliação das seis repetições do teste pareado BR-Adult (versão 1) versus BR-Adult (versão 3) demonstrou que a BR-Adult (versão 3) coletou mais ovos e adultos (Figura 40 e 41). Demonstrando que as modificações realizadas, como as aberturas laterais com os sacos coletores, estão dificultando a fuga dos mosquitos (Figura 42). Um total de 6.157 ovos (Tabela 3), 41 fêmeas e 3 machos de *A. aegypti* foram coletados, com média de 6,83 fêmeas (Tabela 4), por repetição. Já a BR-Adult (versão 1) coletou 792 ovos (Tabela 3), 18 fêmeas e 2 machos de *A. aegypti*, com média de 3 fêmeas, por repetição (Tabela 4). Quando avaliamos o quantitativo de ovos coletados na armadilha BR-Adult (versão 3), observamos um resultado estatisticamente significativo ( $p=0,0034$ ) com relação a versão 1, com um IAO de +0,78. Com relação ao número de adultos, a versão 3, em seis repetições, coletou significativamente mais fêmeas de *A. aegypti* ( $p = 0,0084$ ).

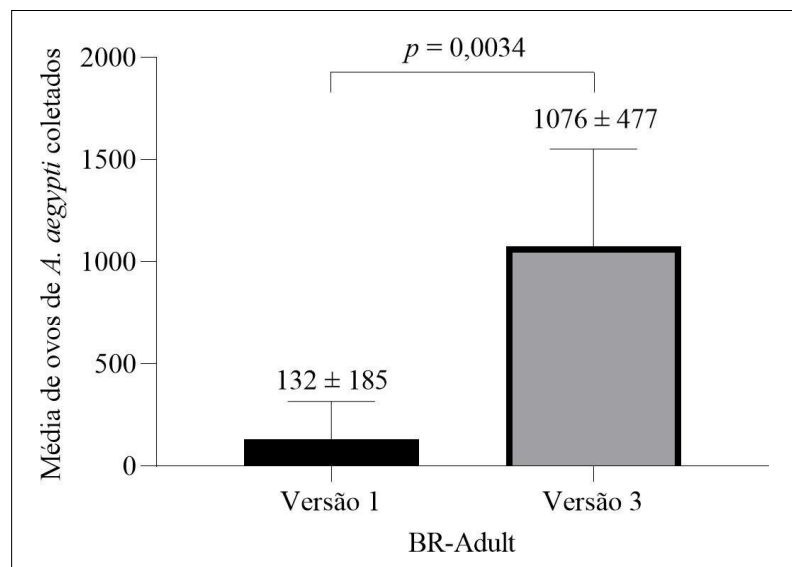


Tabela 3: Número total de ovos coletados na avaliação da BR-Adult (versão 1) comparada à BR-Adult (versão 3), em campo simulado

	<i>A. aegypti</i> Ovos	
	<u>Versão 1</u>	Versão 3
<b>Repetições</b>		
1	102	590
2	125	544
3	26	653
4	498	1606
5	6	1122
6	35	1642
Total	792	6157
Média	132	1026,2
Desvio Padrão	185,16	477,02
Porcentagem	10,93	89,07
Teste T pareado		0,0209
IAO (versão 3)		0,78

Fonte: a autora.

Figura 41 – Número total de ovos de *A. aegypti* coletados na avaliação da BR-Adult (versão 1) comparada à BR-Adult (versão 3), em campo simulado.



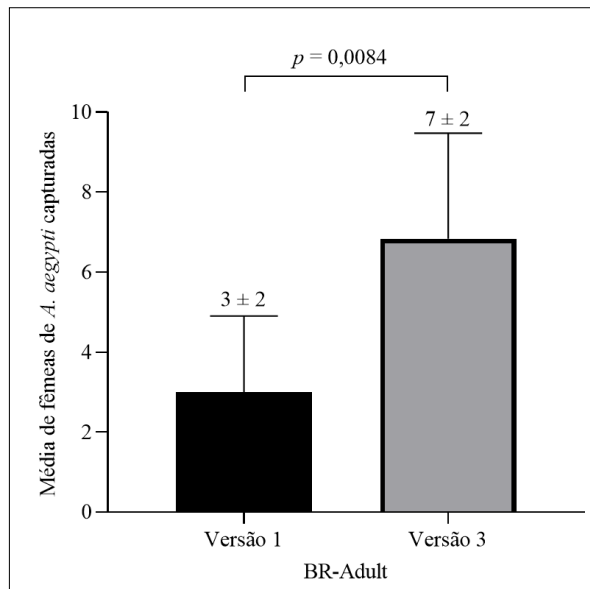
Fonte: A autora.

Tabela 4 – Número total de adultos de *A. aegypti* coletados na avaliação da BR-Adult (versão 1) comparada à BR-Adult (versão 3), em campo simulado

Repetições	<i>A. aegypti</i> capturados vivos na BR-Adult				<i>A. aegypti</i> capturados mortos na BR-Adult				Recapturados na sala	
	Versão 1		Versão 3		Versão 1		Versão 3		fêmeas	machos
	fêmeas	machos	fêmeas	machos	fêmeas	machos	fêmeas	machos		
1	2	1	5	2	0	0	1	3	14	14
2	5	1	8	1	0	0	0	3	23	2
3	5	0	6	0	5	1	6	2	14	1
4	3	0	10	0	1	1	5	0	19	7
5	3	0	9	0	0	0	0	0	14	0
6	0	0	3	0	0	0	2	0	16	1
Média	3,00	0,33	6,83	0,50	1,00	0,33	2,33	1,33	16,67	4,17
% média	6,00%	0,67%	13,67%	1,00%	2,00%	0,67%	4,67%	2,67%	33,33%	8,33%
DesvPad	1,5	0,6	2,2	1,0	2,4	0,6	2,9	1,4	4,4	5,9

Fonte: a autora.

Figura 42 – Número total de adultos de *A. aegypti* coletados na avaliação da BR-Adult (versão 1) comparada à BR-Adult (versão 3), em campo simulado



Fonte: a autora.

## 8.2 AVALIAÇÃO DA BR-ADULT EM CAMPO: Versões 1, 2 e 3

De setembro a novembro de 2019 deram início aos testes pilotos em campo, com a BR-Adult (versão 1), primeiramente, com apenas uma armadilha, localizada no corredor dos banheiros da quadra poliesportiva do IAM (Figura 31B). Neste período foram coletados 123 mosquitos adultos, destes, 34 fêmeas e 89 machos da espécie *C. quinquefasciatus*, e 11 ovos de *Aedes* spp (Tabela 4). Com média de 7 machos e 3 fêmeas/armadilha/semana de *C.*

*quinquefasciatus*. Nenhuma para *A. aegypti*.

De dezembro/2019 a março/2020 foram iniciados os testes em campo real, com a BR-Adult (versão 2), em seis diferentes pontos, onde as armadilhas foram instaladas (Figura 35). Nos quatro meses de avaliação foram coletados 2351 ovos de *A. aegypti*, com média de 392 ovos por repetição, e desvio padrão de 250 (Tabela 5).

Em decorrência ao agravamento da pandemia, em março de 2020, os testes foram suspensos. Em agosto de 2020 foi permitida a retomada dos projetos, e as armadilhas foram reinstaladas nos mesmos pontos descritos anteriormente. De agosto a dezembro de 2020 foram coletados 2.532 ovos e 5 fêmeas de *A. aegypti* (Tabela 6). Com média de 26 ovos/armadilha/semana; 1 mosquito/armadilha/mês. De janeiro a abril de 2021 foram coletados 3.348 ovos e uma fêmea de *A. aegypti*, mais uma fêmea de *C. quinquefasciatus* (Tabela 7), com média de 35 ovos/armadilha/semana; nenhuma média representativa de mosquitos/armadilha/mês.

Tabela 5 – Número total de ovos e adultos coletados pela BR-Adult (versão 1) na avaliação de setembro a novembro de 2019 em teste piloto em campo

Repetições	<i>C. quinquefasciatus</i>		<i>A. aegypti</i>			
	Jangadas	Adultos		Ovos	Adultos	
		♀	♂		♀	♂
1	0	6	14	0	0	0
2	0	6	26	0	0	0
3	0	7	20	0	0	0
4	0	6	17	0	0	0
5	0	9	12	11	0	0
Total	0	34	89	11	0	0
Média	0	7	18	2	0	0
Desvio Padrão	0	1	5	5	0	0

Fonte: a autora

Tabela 6 – Número total de ovos e adultos coletados pela BR-Adult (versão 2) na avaliação de dezembro de 2019 a março de 2020 em teste piloto em campo

Pontos	<i>C. quinquefasciatus</i>			<i>Aedes spp</i>		
	Jangadas	Adultos		Ovos	Adultos	
		♀	♂		♀	♂
1	0	0	0	187	0	0
2	0	0	0	148	0	0
3	0	0	0	782	0	0
4	0	0	0	602	0	0
5	0	0	0	282	0	0
6	0	0	0	350	0	0
Total	0	0	0	2351	0	0
Média	0	0	0	392	0	0
Desvio Padrão	0	0	0	250	0	0

Fonte: A autora.

Tabela 7 – Número total de ovos e adultos coletados pela BR-Adult (versão 2) na avaliação de agosto a dezembro de 2020 em teste piloto em campo

Pontos	<i>C. quinquefasciatus</i>			<i>A. aegypti</i>		
	Jangadas	Adultos		ovos	Adultos	
		♀	♂		♀	♂
1	0	0	0	1051	1	0
2	0	0	0	43	0	0
3	0	0	0	865	0	0
4	0	0	0	10	1	0
5	0	0	0	41	0	0
6	0	0	0	522	3	0
Total	0	0	0	2532	5	0
Média	0	0	0	422	1	0
Desvio Padrão	0	0	0	461	1	0

Fonte: autora

Tabela 8 – Número Total de ovos e adultos coletados pela BR-Adult (versão 2) na avaliação de janeiro a abril de 2021, em teste piloto em campo

Pontos	<i>C. quinquefasciatus</i>		<i>A. aegypti</i>			
	Jangadas	Adultos	Ovos	Adulto		
		♀	♂	♀	♂	
1	0	1	0	1182	1	0
2	0	0	0	647	0	0
3	0	0	0	296	0	0
4	0	0	0	225	0	0
5	0	0	0	315	0	0
6	0	0	0	683	0	0
Total	0	1	0	3348	1	0
Média	0	0	0	558	0	0
Desvio Padrão	0	0	0	361	0	0

Fonte: A autora

Em maio de 2021, houve uma nova atualização estrutural na armadilha BR-Adult (versão 3). De maio a setembro de 2021, a BR-Adult (versão 3) coletou 1.709 ovos de *Aedes* spp e 7 fêmeas de *A. aegypti* (Tabela 9), com média de 14 ovos/armadilha/semana.

Tabela 9 – Número total de ovos e adultos coletados pela BR-Adult (versão 3), na avaliação de maio a setembro de 2021, em teste piloto em campo

Pontos	<i>C. quinquefasciatus</i>		<i>A. aegypti</i>			
	Jangadas	Adultos	ovos	Adultos		
		♀	♂	♀	♂	
1	0	0	0	956	3	0
2	0	0	0	336	0	0
3	0	0	0	154	1	0
4	0	0	0	13	0	0
5	0	0	0	250	3	0
6	0	0	0	0	0	0
Total	0	0	0	1709	7	0
Média	0	0	0	285	1	0
Desvio Padrão	0	0	0	354	1	0

Fonte: A autora

## 9 DISCUSSÃO

Reduzir para níveis baixos a densidade dos vetores de patógenos que causam doenças é a única medida atualmente disponível para prevenir o contágio da população em risco (BRASIL 2009, 2014, 2017). Todavia, nem sempre o fato de reduzir a densidade de vetores a um limite mínimo, pode resultar necessariamente em baixo nível de transmissão, pois um único vetor pode transmitir patógenos a muitas pessoas, e, um único virion pode ser suficiente para produzir uma infecção potente no hospedeiro humano (MORRINSON; SCOTT, 2010).

Como um instrumento de coleta passiva de culicídeos vetores, as armadilhas vêm se mostrando importantes ferramentas para a detecção da presença e coleta de mosquitos, nas formas imaturas e adulta, tendo alto potencial de retirada em massa de ovos, larvas e mosquitos adultos do ambiente, com o mínimo de intervenção humana (REGIS et al, 2008; ACHEE et al., 2015). Frente a isso, desenvolvemos um modelo de armadilha com o propósito de coletar imaturos e adultos vivos de espécies de importância médica, que não necessitasse de energia elétrica ou componentes adesivos em sua estrutura, visando obter uma ferramenta que seja viável para uso em larga escala, e que possibilite a análise molecular das amostras, mantendo os mosquitos vivos em seu interior, apresentando assim o potencial de auxiliar, tanto na vigilância vetorial, quanto na de arbovírus circulantes. Os resultados encontrados neste estudo, aponta ainda a necessidade de ajustes da armadilha, para que ela possa vir a ser empregada como uma ferramenta ao controle integrado de mosquitos vetores.

Fariestein (2021) nos testes iniciais com a BR-Adult (versão 1), em campo simulado, observou o efeito da sensibilidade da armadilha, aproximadamente 20% das fêmeas de *A. aegypti* que liberadas na sala foram capturadas. Não foi possível correlacionar o número de ovos nas palhetas com o número de adultos que se mantiveram aprisionados até o final da repetição. No entanto, em nenhuma observação a armadilha foi recolhida sem mosquitos aprisionados, o que indicou sua viabilidade para aperfeiçoamento e avaliações em campo.

Os testes iniciais em campo simulado, foram realizados com a BR-Adult nas versões 1 e 3, comparadas à armadilha Double BR-OVT (XAVIER et al 2020), que tem o mesmo princípio de coletar imaturos e adultos, só com uma diferença, que se faz o uso de uma borda adesiva. Esses resultados demonstram que, apesar da BR-Adult nas versões 1 e 3 não apresentarem uma quantidade significativa de ovos coletados e adultos aprisionados, em relação à Double BR-OVT, a BR-Adult foi 100% positiva, quanto a coleta de ovos ou de mosquitos adultos durante o tempo das avaliações, sinalizando desta forma o seu possível potencial em coletar imaturos e adultos vivos. Devemos destacar que a Double BR-OVT possui

um componente adesivo, o que facilita a contenção dos mosquitos, pois ao pousarem para iniciar o processo de oviposição, elas ficam presas em uma cola entomológica, fazendo com que elas morram ou percam partes de seu corpo ao tentarem voar com as patas presas na cola ou na hora de serem retiradas da cola, assim como ocorreu no estudo de Fachinelli (2017), que avaliou o desempenho da armadilha adesiva Sticky Trap, em campo. Isso impossibilita qualquer análise molecular para a vigilância virológica em vetores. A BR-Adult, apesar de nesse ciclo de testes não ter apresentado um resultado significativo no que diz respeito à coleta de fêmeas adultas, possui o potencial de contê-las vivas e sem prejudicar sua estrutura corporal, possibilitando o diagnóstico molecular das amostras capturadas. E a não utilização de fonte de energia para seu funcionamento ressalta a importância de seu aprimoramento para que se torne uma ferramenta eficiente. O método mecânico comportamental, que consiste no uso de armadilhas para a captura e retirada de ovos e adultos de culicídeos vetores do ambiente, representa um dos pilares de sustentação do manejo integrado de vetores da Organização Mundial de Saúde (OMS, 2004).

As avaliações das versões da BR-Adult (versão 1) versus BR-Adult (versão 3) foi de grande importância para sinalizar que as mudanças estruturais de aprimoramento das versões têm surtido efeito, para chegarmos em uma proposta final melhorada da armadilha.

A BR-Adult quando avaliada em Teste-Piloto em campo demonstrou sensibilidade para detectar culicídeos na forma imatura, mostrando também positividade em 100% nos 6 pontos onde foi instalada, para a presença de ovos de *A. aegypti*. Para a presença de adultos, 2 dos 5 momentos de avaliação, a armadilha esteve positiva para as duas espécies, *C. quinquefasciatus* e *A. aegypti*, com um percentual maior para *A. aegypti* (80%).

Após 20 meses de avaliação, a BR-Adult coletou uma média de  $1 \pm 6,8$  *Culex*/ponto/7 dias. O desempenho desta armadilha foi semelhante a armadilhas adesivas, como a Double BR-OVT ( $3,5 \pm 7,4$  *Culex*/residência/ciclo) quando avaliada em situação de campo por Xavier e colaboradores (2020), a Sticky BR-OVT, avaliada em Olinda, Pernambuco, que coletou  $2,16 \pm 4,78$  *Culex*/armadilha/mês (XAVIER, et al., 2018).

O desempenho da BR-Adult também foi observado na captura de *Aedes* spp ( $0,83 \pm 1,16$ ). Quando comparada com outras armadilhas adesivas desenvolvidas para coletar *Aedes* spp, como Double BR-OVT ( $1,8 \pm 3,2$  *Aedes*/residência/ciclo) (XAVIER, et al., 2020); AedesTraP, avaliado em Recife, ( $0,54 \pm 0,07$  fêmeas/armadilha/28 dias) (SANTOS, et al., 2012),

Com a BR-Adult, também foi possível coletar ovos de *Aedes* spp (média de  $2,2 \pm 558$  ovos de *Aedes*/ ponto) e o desempenho desta armadilha foi semelhante ao das armadilhas,

Double BR-OVT (média de  $410 \pm 585$  ovos de *Aedes*/ residência/ 18 meses) (XAVIER, et al 2020).

A armadilha BR-Adult ao longo das avaliações mostrou ser um instrumento capaz de coletar ovos e mosquitos adultos vivos de *A. aegypti* e *C. quinquefasciatus*, no entanto, sua baixa efetividade para a retenção dos mosquitos adultos no interior, revela a necessidade de novos ajustes estruturais, para deixá-la, mais eficaz na captura de adultos vivos.





## 10 CONCLUSÕES

- a) A BR-Adult é um novo modelo de armadilha que agrega em uma única ferramenta a coleta de ovos e adultos vivos de *Culex quinquefasciatus* e *Aedes aegypti*, no entanto, sua baixa efetividade para a retenção dos mosquitos adultos, revela a necessidade de novos ajustes no instrumento, a fim de permitir o seu uso.
- b) Em condições simulada de campo, a armadilha Double BR-OVT foi mais sensível em coletar ovos e adultos de *Culex quinquefasciatus* e *Aedes aegypti* quando comparada com a BR-Adult (versão 3), porém a BR-Adult (versão 3) apesar da sua baixa eficiência nas coletas, ainda, apresentou uma vantagem por coletar adultos vivos.
- c) A armadilha BR-Adult (versão 3) quando comparada com BR-Adult (versão 1), apresentou um melhor desempenho nas coletas de ovos e adultos de *Aedes aegypti*, em condições simulada de campo.
- d) Nos testes piloto de campo, a armadilha BR-Adult foi capaz de coletar ovos de *Aedes ssp* e adultos vivos das espécies *Aedes aegypti* e *Culex quinquefasciatus*.



## REFERÊNCIAS

ANDRADE, C. F. A.; NASCIMENTO, M. C. M. Controle de *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) pela Eliminação de Criadouros no Bairro da Graúna, Paraty–RJ. Rev. Controle Biológico BE300, Campinas, v. 2, p. 33-39, 2010.

ASTROM, C. et al. Potential distribution of dengue fever under scenarios of climate change and economic development. Ecohealth, Umea, v. 9, n. 4, p. 448-454, fev 2013.

BARATA, E. A. M., et al. Population of *Aedes aegypti* (L.) in an endemic area of dengue, Southeastern Brazil. Revista de saude publica, São Paulo, v. 35, p. 237-242, mar 2001.

BARJAC, H. A new variety of *Bacillus thuringiensis* very toxic to mosquitoes: *B. thuringiensis* var. *israelensis* serotype. Sciences naturelles, Paris, v. 286, n. 10, p. 797-800, 1978.

BARTHOLOMAY L.C., et al. Pathogenomics of *Culex quinquefasciatus* and meta-analysis of infection responses to diverse pathogens. Science, v. 330, p. 88-90, aug 2010.

BELLINATO, D. F. et al. Resistance status to the insecticides temephos, deltamethrin, and diflubenzuron in Brazilian *Aedes aegypti* populations. BioMed research international, Rio de Janeiro, v. 2016, 12, July 2016.

BELLINI, R., et al. Efficacy of different ovitraps and binomial sampling in *Aedes albopictus* surveillance activity. J. Am. Mosq. Control Assoc, Bolonha, v. 12, n. 4, p. 632-636, dec 1996.

BENTLEY, M. D.; DAY, J. F. Chemical ecology and behavioral aspects of mosquito oviposition. Annual review of entomology, v. 34, n. 1, p. 401-421, 1989.

BESERRA, E. B.; CASTRO JR, F. P. de. Comparative biology of populations of *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) from Paraíba. Neotropical Entomology, v. 37, n. 1, p. 81-85, jan-fev 2008.

BHATT, S. et al. The global distribution and burden of dengue. Nature, v. 496, p. 504–507, apr 2013.

BHATTACHARYA, S.; BASU, P. Southern house mosquito, *Culex quinquefasciatus*: profile of an intelligent vector. J Entomol Zool Stud, West Bengal, v. 4, n. 2, p. 73-81, 2016.

BIOGENTS. **BG-GAT para profissionais**: uma ferramenta passiva para captura em massa. uma ferramenta passiva para captura em massa. 2022. Disponível em: <https://eu.biogents.com/bg-gat/?lang=pt-br>. Acesso em 20/09/2021.

BOURTZIS, K. et al. Taking advantage of the mosquito symbiosis- *Wolbachia* for the control

of vectors and diseases. Acta Trop. v. 132, p. 150-163, apr 2014.

BRADFORD, C. M. Efeitos do clima na biologia, comportamento e potencial de transmissão do vírus do Nilo Ocidental nas planícies altas do sul do Texas. 2005. Tese de Doutorado. Texas Tech University.

BRAGA, I. A. et al. *Aedes aegypti*: insecticides, mechanisms of action and resistance. Epidemiol. Serv. Saude, Rio de Janeiro, v. 16, n. 4, p. 279-293, out-dez, 2007.

BRAGA, I. A.; VALLE, D. *Aedes aegypti*: history of control in Brazil. Epidemiologia e serviços de saúde, Brasília, v. 16, n. 2, p. 113-118, jun 2007.

BRASIL, 2018. Disponível em [http://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/21\\_08\\_2018\\_13.09.57.e4685c34afa0ed5ed5ad5bfaf437b123.pdf](http://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/21_08_2018_13.09.57.e4685c34afa0ed5ed5ad5bfaf437b123.pdf). Acesso em 10/10/2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. DIRETRIZES NACIONAIS PARA PREVENÇÃO E CONTROLE DE EPIDEMIAS DE DENGUE. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2009a. p. 160 Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes\\_nacionais\\_prevencao\\_controle\\_dengue.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_nacionais_prevencao_controle_dengue.pdf). Acesso em 10/10/2021.

\_\_\_\_\_. GUIA DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA E ELIMINAÇÃO DA FILARIOSE LINFÁTICA. Brasília, 2009b.

\_\_\_\_\_. GUIA DE VIGILÂNCIA DO CULEX QUINQUEFASCIATUS. Brasília, DF. 2011.

\_\_\_\_\_. MONITORAMENTO DOS CASOS DE ARBOVIROSES URBANAS TRANSMITIDAS PELO *Aedes aegypti* (DENGUE, CHIKUNGUNYA E ZIKA): SEMANAS EPIDEMIOLÓGICAS DE 1 A 50, 2020. Brasília; 2020.

BROWN, J. E. et al. Human impacts have shaped historical and recent evolution in *Aedes aegypti*, the dengue and yellow fever mosquito. Evolution, v. 68, n. 2, p. 514-525, sep-out 2014.

BUXTON, P. A., HOPKINS G. H. E. Researches in Polynesia and Melanesia, an account of investigations in Samoa, Tonga. Londres, London School of Hygiene & Tropical Medicine, 1927.

CARVALHO, F. D.; MOREIRA, L. A. Why is *Aedes aegypti* Linnaeus so Successful as a Species? Neotropical entomology, Belo Horizonte, v. 46, n. 3, p. 243-255, mar 2017.

CHADEE, D. D.; RITCHIE, S. A. Efficacy of sticky and standard ovitraps for *Aedes aegypti* in Trinidad, West Indies. Journal of Vector Ecology, Santa Ana, v. 35, n. 2, p. 395-400, dec 2010.

CHAN, K. L., The eradication of *Aedes aegypti* at the Singapore Paya, Lebar International Airport. Vector Control In Southeast Asia, Singapore, p. 85-88, 1973b.

CHANAMPA, M. *et al.* Field comparison of oviposition substrates used in ovibers for Surveillance of *Aedes aegypti* in Salta, Argentina. Jornal de entomologia aplicada, v. 142, n. 10, p. 985-990, jun 2018.

CHRISTOPHERS, S. R. *Aedes aegypti* (L.) The yellow fever mosquito: It's life history, bionomics and structure. London: Cambridge University Press, 1960.

COLTON, Y. M.; CHADEE, D. D.; SEVERSON, D. W. Natural oviposition of the *Aedes aegypti* mosquito indicated by codominant genetic markers. Entomologia médica e veterinária, v. 17, n. 2, p. 195-204, jun 2003.

CONSOLI, R. A. G. B., LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, R. Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil. 1º Ed. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 1994.

COELHO, P. N., HENRY, R., Copepods Against *Aedes* Mosquitoes: A Very Risky Strategy. BioScience, Botucatu, 18 fev 2017. Disponível em: <https://academic.oup.com/bioscience/article/67/6/489/3015998?login=false>

COELHO, G. E. Challenges in the control of *Aedes aegypti*. Rev. Inst. Med. Trop. São Paulo, v. 54, n. 18, p. S13-S14, oct 2012.

COSTA, E. M. S.; COSTA, E. A. Analysis of the implementation of the Nacional Dengue Control Program: a comparative study of border municipalities in Mato Grosso do Sul (Brazil). Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, v. 29, n. 2, p. 310-325, 2020.

COSTA, Z. G. A. et al. Historical evolution of epidemiological surveillance and yellow fever control in Brazil. Pan-Amazonian Health Magazine, v. 2, n. 1, p. 11-26, 2011.

DANTAS-TORRES, F., OTRANTO, D. Dirofilariasis in the Americas: a more virulent *Dirofilaria immitis*? Vetores parasitas. Recife, v. 6, n. 1, p. 1, 2013.

D'AVILA, F. A.; GOMES, A. C. Seasonality of *Mansonia titillans* during dam construction, Biritiba-Mirim, São Paulo State, Brazil. Biota Neotropica. Biritiba-mirim, v. 13, n. 1, p. 70-73, 2013.

DIBO, M. R. et al. Presence of culicidae in a medium-sized municipality of the State of São Paulo and risk of occurrence of West Nile fever and other arboviruses. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical. São José dos Campos, v. 44, n. 4, p. 496-503, aug 2011.

DONATTI, J. E.; GOMES, A. C. Adultrap: Descrição de armadilha para adulto de *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae). Revista Brasileira de Entomologia, Curitiba, v. 51, n. 2, p. 255-256, 2007.

EIRAS, A. E.; BUHAGIAR, T. S.; RITCHIE, S. A. Development of the Gravid Aedes Trap for the capture of adult female container–exploiting mosquitoes (Diptera: Culicidae). Journal of medical entomology, Belo Horizonte, v. 51, n. 1, p. 200-209, 2014.

FACCHINELLI, L. et al. Development of a novel sticky trap for container breeding mosquitoes and evaluation of its sampling properties to monitor urban populations of *Aedes albopictus*. Medical and Veterinary Entomology, Oxford, v. 21, p. 183-195, 2007.

FAIERSTEIN, et al. Extracts of conspecific and allospecific larvae induce mosquitoes to lay eggs and can be used in the strategy of control of attract and kill. Sci Rep, Recife, v. 9, n. 13747 2019.

FÁVARO, E. A., et al. Assessment of entomological indicators of *Aedes aegypti* (L.) from adult and egg collections in São Paulo, Brazilian. Journal of Vector Ecology, v. 33, n. 2, p. 8-16, June 2018.

FAVARO, E. A., et al. Physiological state of *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti* mosquitoes captured with MosquiTRAPs in Mirassol, São Paulo, Brazilian. Journal of Vector Ecology, v. 33, n. 1, p. 285-291, Dec 2006.

FLORES H. A, O'NEILL S.L. Controlling vector-borne diseases by releasing modified mosquitoes. Nature Rev. Microbiol., v.16, n. 8, p. 508-518, Aug 2018.

FORATTINI, O. P. Culicidologia Médica. Vol. 2. São Paulo: EDUSP, 2002. 864 p.

FREITAS, H. et al. Workshop para avaliação da situação epidemiológica da filariose linfática no Município de Belém, Pará, norte do Brasil. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, Brasília, v. 41, n. 2, p. 212-216, 2008.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. Programa Nacional de Controle da dengue: amparo legal a execução das ações de campo – imóveis fechados, abandonados ou com acesso não permitido pelo morador. Brasília: Ministério da Saúde; 2002.

GAMA, R. A. et al. Evaluation of the sticky MosquiTRAP™ for detecting *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) during the dry season in Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. Neotropical Entomology, v. 36, n. 2, p. 294-302, 2007.

GOELDI, E. A. (1905). Mosquitoes in Pará. Memórias do Museu Goeldi. Pará, Brazil.

GOMES, A. C., et al. Adultrap trap specificity to capture females of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). Rev. Soc. Bras. Med. Trop., Uberaba, v. 40, n. 2, p. 216-219, Apr 2007.

GUBLER, D. J., TRENT, D. W. Emergence of epidemic dengue/dengue hemorrhagic fever as a

problem health problem in the Americas. Europe PMC Plus, v. 2, n. 6, p. 383-393, dec 1993.

GUBLER, D. J., CLARK, G. G. Community involvement in the control of *Aedes aegypti*. Acta Tropica, v. 61, n. 2, p. 169-179, apr 1996.

GUBLER, D. E., GOH K. Prevenção da dengue e 35 anos de controle de vetores em Cingapura. Emerg Infect Dis, v. 12, p. 887 – 893, 2006.

GUBLER, D. J. Dengue, urbanization and globalization: the unholy trinity of the century XXI. Medicina tropical e saúde , v. 39, n. 4, p. S3-S11, 2011.

GUEDES, D. R. D., et al. Zika virus replication in the mosquito *Culex quinquefasciatus* in Brazil. Emerging microbes & infections, Recife, v. 6, n. 1, p. 1-11, 2017.

HABIB, M. E. M. Utilização de bactérias no controle de dípteros de importância médica. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, v. 84, n. 3, p. 31-34, 1989.

HOEL, D. F., et al Efficacy of ovitrap colors and patterns for attracting *Aedes albopictus* at suburban field sites in north-central, Florida. Journal of the American Mosquito Control Association, v. 27, p. 245-251, 2011.

HONÓRIO, N. A., et al. Temporal distribution of *Aedes aegypti* in different districts of Rio de Janeiro, Brazil, measured by two types of traps. Journal of medical entomology, v. 46, n. 5, p. 1001-1014, 2009.

HOPP, M. J.; FOLEY, J. A. Global-scale relationships between climate and the dengue fever vector, *Aedes aegypti*. Climatic change, v. 48, n. 2, p. 441-463, 2001.

HUANG, Y. S., et al. Biological control strategies for mosquito vectors of arboviruses. Insects, v. 8, n. 1, p. 21, 2017.

HURLBUT, H. S. Copepod observed preying on first instar larva of *Anopheles quadrimaculatus*. J Parasitol, v. 24, n. 281, 1938.

ISAACS, N. *et al.* Medindo o risco interepidêmico em uma área rural endêmica de dengue usando índices larvais de *Aedes*. Indian Journal of Community Medicine, v. 31, n. 3, p. 187-188, 2006.

JANSEN, C. C.; BEEBE, N. W. The dengue vector *Aedes aegypti*: what comes next. Microbes and infection, v. 12, n. 4, p. 272-279, 2010.

KAY, B. H. et al. Control of *Aedes* dengue vectors in three provinces of Vietnam with the use of *Mesocyclops* (Copepoda) and community methods validated by entomological, clinical and serological surveillance. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, v. 66, n. 1, p. 40-48, 2002.



KAY, B.; NAM, V. S. New strategy against *Aedes aegypti* in Vietnam. The Lancet, v. 365, n. 9459, p. 613-617, 2005.

KLOWDEN, M. J. Influence of the ovaries and fat body on the initiation and termination of pre-oviposition behavior in the mosquito, *Aedes aegypti*. Journal of insect physiology, v. 35, n. 7, p. 567-570, 1989.

KLOWDEN, M. J.; BLACKMER, J. L. Humoral control of pre-oviposition behaviour in the mosquito, *Aedes aegypti*. Journal of insect physiology, v. 33, n. 10, p. 689-692, 1987.

KLOWDEN, M. J.; BRIEGEL, H. Mosquito gonotrophic cycle and multiple feeding potential: contrasts between *Anopheles* and *Aedes* (Diptera: Culicidae). Journal of Medical Entomology, v. 31, n. 4, p. 618-622, 1994.

KRAEMER, M. U. G. et al. The global distribution of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Ae. Albopictus*. eLife, Cambridge, v. 4, p. 1-18, 2015.

KRÖCKEL, U. et al. New tools for surveillance of adult yellow fever mosquitoes: comparison of trap catches with human landing rates in an urban environment. Journal of the American Mosquito Control Association, Fresno, v. 22, p. 229-238, 2006.

LIMA-CAMARA, T. N. Emerging arboviruses and public health challenges in Brazil. Revista de saude publica, v. 50, p. 36, 2016.

LOK, C. K. Singapore's dengue hemorrhagic fever control programme: a case study on the successful control of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* using mainly environmental measures as part of integrated vector control. National University of Singapore, Singapore 1985.

LOPES, G.; SILVA, A. F. C. O *Aedes aegypti* e os mosquitos na historiografia: reflexões e controvérsias. Tempo e Argumento, Florianópolis, v. 11, n. 26, p. 67-113, jan./abr. 2019.

MACIEL, I., et al. Epidemiology and challenges in dengue control. Revista de Patologia Tropical/Journal of Tropical Pathology, v. 37, n. 2, p. 111-130, 2008.

MACIEL-DE-FREITAS, R.; EIRAS, Á. E.; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, R. Field evaluation of effectiveness of the BG-Sentinel, a new trap for capturing adult *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, v. 101, n. 3, p. 321-325, 2006.

MARCONDES, C. B.; XIMENES, M. de F. F. de M. Zika virus in Brazil and the danger of infestation by *Aedes* (*Stegomyia*) mosquitoes. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, v. 49, n. 1, p. 4-10, jan-feb 2015.

MARTEN, G. G. Evaluation of cyclopoid copepods for *Aedes albopictus* control in tires. J. Am

Mosq Control, v. 6, p. 681– 688, 1990.

MARTINS JR, A. J. Diversidade do gene de canal de sódio regulado por voltagem de *Aedes aegypti* Linnaeus, 1762 (Díptera: Culicidae) e resistência a piretróide. 2009. Tese de doutorado. Rio de Janeiro, 2009.

MARTINS, L. C., et al. First isolation of West Nile virus in Brazil. Mem Instituto Oswaldo Cruz, v. 114, 2019.

MARTINS, M. M., et al. A. Arboviral diseases in pediatrics. Jornal de Pediatria, v. 96, p. 2-11, 2020.

MCMENIMAN, C. J., et al. Stable introduction of a life-shortening Wolbachia infection into the mosquito *Aedes aegypti*. Science, v. 323, 141–144, 2009.

MCMENIMAN, C. J., O'NEILL, S. L. A virulent Wolbachia infection decreases the viability of the dengue vector *Aedes aegypti* during periods of embryonic quiescence. PLOS Negl. Trop., 4, n. 7, July 2010.

MCNELLY, J. R. A armadilha do CDC como uma ferramenta especial de monitoramento. Proceedings of the 76 Annual Meeting of the New Jersey Mosquito Control Association. p. 26-33, 1989.

MESSINA, J. P. *et al.* Mapping the global environmental adequacy for the Zika virus. eLife, Londres, p. 1-19, fev 2016.

MONTELLA, I. R. et al. Insecticide resistance mechanisms of Brazilian *Aedes aegypti* populations from 2001 to 2004. The American journal of tropical medicine and hygiene, v. 77, n. 3, p. 467-477, 2007.

MORATO, V. C. G., et al. Infestation of *Aedes aegypti* estimated by oviposition traps in Brazil. Revista de saúde pública, v. 39, n. 4, p. 553-558, 2005.

MOREIRA, L. A., et al. A Wolbachia symbiont in *Aedes aegypti* limits infection with dengue, Chikungunya, and Plasmodium. Cell, v. 139, p. 1268–1278, 2009.

MULHERN, T. D. New Jersey mechanical trap for mosquito surveys. Journal of The American Mosquito control association, Fresno, v. 1, dez 1942.

NAM, V. S. et al. Community Mobilization, Behavior Change and Biological Control in the Prevention and Control of Dengue Fever in Vietnam, v. 28, 2004.

NAM, V. S. et al. Elimination of dengue by community programs using *Mesocyclops* (Copepoda) against *Aedes aegypti* in central Vietnam. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, v. 72, n. 1, p. 67-73, 2005.

NAM, V. S. et al. National progress in dengue vector control in Vietnam: survey of Mesocyclops (Copepoda), Micronecta (Corixidae) and fish as biological control agents. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, v. 62, n. 1, p. 5-10, 2000.

NATAL, D. Bioecology of *Aedes aegypti*. Biológico, v. 64, n. 2, p. 205-207, 2002.

NDAVA, J., et al. The future of mosquito control: The role of spiders as biological control agents: a review. International Journal of Mosquito Research, v. 5, n. 1, p. 11, jun 2018.

NSOESIE, E. O., *et al.* Global distribution and environmental support for the chikungunya virus, 1952 to 2015. Eurosurveillance, v. 21, ed 20, mai 2015.

O'NEILL, A., HOFFMANN A. The wMel *Wolbachia* strain blocks dengue and invades caged *Aedes aegypti* populations. Nature, v. 476, p. 450–453, 2011.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Um resumo global sobre doenças transmitidas por vetores (2014). Disponível em: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/111008/1/WHO\\_DCO\\_WHD\\_2014.1\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/111008/1/WHO_DCO_WHD_2014.1_eng.pdf)  
Acesso em 10/03/2020.

PHUC, H. K., et al. Late-action dominant lethal genetic systems and mosquito control. BMC Biol., v. 5, n. 11, 2007.

POWELL, J. R., TABACHNICK, W. J. History of domestication and spread of *Aedes aegypti* a review. Mem Inst Oswaldo Cruz, v. 108, p. 11– 17, 2013.

PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2010. Disponível em <file:///C:/Users/Maiara%20Menezes/Documents/Mestrado/VCVI/Programa-RioPinheiros.pdf>  
REGIS, L., et al. The use of bacterial larvicides in mosquito and black fly control programmes in Brazil. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, v. 95, n.1, p. 207-210, 2000.

REISEN, W. K.; MILBY, M. M.; MEYER, R. P. P. Dynamics of adult *Culex* mosquitoes (diptera: culicidae) along the Kern River, Kern County, California, in 1990. Journal of medical entomology, v. 29, n. 3, p. 531-543, 1992.

REISEN, W. K.; MILBY, M. M.; MEYER, R. P. Population dynamics of adult *Culex* mosquitoes (diptera: culicidae) along the Kern River, Kern County, California, in 1990. Journal of medical entomology, v. 29, n. 3, p. 531-543, 1992.

REITER, P. A Revised Version of the CDC's Gravid Mosquito Trap. Journal of the American Mosquito Control Association, v. 3, n. 2, p. 325-327, 1987.

REITER, P. *et al.* A portable battery-powered trap for collecting pregnant *Culex*

mosquitoes. Mosquito News, v. 43, n. 4, pág. 496-498, 1983.

REITER, P. et al. Texas lifestyle limits transmission of dengue virus. Emerging infectious diseases, v. 9, n. 1, p. 86, 2003.

REITER, P., AMADOR, M. A., NELSON, C. Enhancement of the CDC ovitrap with hay infusions for daily monitoring of *Aedes aegypti* populations. J Am Mosq Control Assoc, v. 7, n. 52, 2007.

RESENDE, M. C.; SILVA, I. M.; EIRAS, A. E. Evaluation of the operationality of the MosquiTRAP trap in the monitoring of *Aedes aegypti*. Epidemiology and Health Services, v. 19, n. 4, p. 329-338, 2010.

RITCHIE, S. A, LONG, S., HART, A., WEBB, C. E., Russell RC. 2003. An adulticidal sticky ovitrap for sampling containerbreeding mosquitoes. J Am Mosq Control Assoc 19: 235–242, 2003.

RITCHIE, S. A., RAPLEY, L. P., BENJAMIN, S. *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (Bti) provides residual controlo f *Aedes aegypti* in small containers. Am. Journal Trop. Med.Hyg., v.82, n. 6, p. 1053-1059, 2010.

RITCHIE, S. A. Field validation of gravid *Aedes* trap (GAT) for collection *Aedes aegypti* (Diptera: culicidae). Journal of medical entomology, v. 51, n. 1, p.210-2019, 2014.

ROCHA, A. et al. Programa de Controle e eliminação da Filariose Linfática: uma parceria da Secretaria de Saúde de Olinda-PE, Brasil, com o Serviço de Referência Nacional Em Filarioses. Revista de Patologia Tropical, Goiânia, v. 39, n.3, p.233-249,2010.

RODRIGUES-ALVES, M. L. *et al.* Historical Perspective and Biotechnological Trends to Block Arboviruses Transmission by Controlling *Aedes aegypti* Mosquitos Using Different Approaches. Frontiers in Medicine, v. 7, 2020.

RUEDA, L. M, et al. Temperature-dependent development and survival rates of *Culex quinquefasciatus* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). Journal of Medical Entomology, v. 27, n. 5, p. 892-898, 1990.

RUEDA, L. M. Global diversity of mosquitoes (Insecta: Diptera: Culicidae) in freshwater. Hydrobiologia, v. 595, p. 477-487, 2007.

SAMY, A. M. et al. As mudanças climáticas influenciam a distribuição potencial global do mosquito *Culex quinquefasciatus*, vetor do vírus do Nilo Ocidental e da filariose linfática. PLoS

One, v. 11, n. 10, 2016.

SANTANA, A. L., ROQUE, R. A., EIRAS, A. E. Characteristics of Grass infusions as oviposition attractants to *Aedes* (*Stegomyia*) (Diptera: Culicidae). Journal Medical Entomology, v. 43, n. 2, p. 214-220, 2006.

SANTOS, E. M. M. et al. Evaluation of a sticky trap (AedesTraP), made from disposable plastic bottles, as a monitoring tool for *Aedes aegypti* populations. Parasites & Vectors, London, v. 5, p. 1-10, 2012.

SCOTT, T. W.; MORRISON, A. C. Dinâmica vetorial e transmissão do vírus da dengue: implicações para as estratégias de vigilância e prevenção da dengue. Vírus da dengue, p. 115-128, 2010.

SERPA, L. L. et al. Seasonal variation of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in a city of Southeastern Brazil. Revista de Saude Publica, v. 40, n. 6, p. 1101-1105, 2006.

SERVICE, M. W. Mosquito Ecology Field Sampling Methods, 2nd ed, 988 pp. Elsevier Applied Science, London, England, , 1993.

SHROYER, D. A.; CRAIG JR, G. B. Egg hatchability and diapause in *Aedes triseriatus* (Diptera: Culicidae): temperature-and photoperiod-induced latencies. Annals of the Entomological Society of America, v. 73, n. 1, p. 39-43, 1980.

SILVA, D. N. G. da. Avaliação da transmissão da filariose linfática em áreas não submetidas ao tratamento em massa no município do Jaboatão dos Guararapes-PE: parte 3. Revista Multidisciplinar em Saúde, v. 2, n. 4, p. 53-53, 2021.

SILVA, J. S. et al. A dengue no brasil e as políticas de combate ao aedes aegypti: da tentativa de erradicação às políticas de controle-the dengue fever in brazil and combat dengue fever to the aedes aegypti: Of the try eradication to control policies. Hygeia-Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde, v. 4, n. 6, 2008.

SILVA, L. L. S. et al. Exposure of mosquito (*Aedes aegypti*) larvae to the water extract and lectin-rich fraction of *Moringa oleifera* seeds impairs their development and future fecundity. Ecotoxicology and environmental safety, v. 183, p. 109583, 2019.

STEPHENSON, J. R. Understanding dengue pathogenesis: implications for vaccine design. Bulletin of the World Health Organization, v. 83, p. 308-314, 2005.

SUBRA, R., et al. Biology and control of *Culex pipiens quinquefasciatus* Say, 1823 (Diptera, Culicidae) with special reference to Africa. Insect Science and its Application, v. 1, n. 4, p. 319-338, 1981.

SUDIA, WD; CHAMBERLAIN, RW Armadilha de luz operada por bateria, um modelo aprimorado. Notícias do Mosquito, v. 22, n. 2, pág. 126-129, 1962.

SWAN, T.; LOUNIBOS, L. P.; NISHIMURA, N. Comparative selection of oviposition sites in containers by *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) from Florida. Journal of medical entomology, v. 55, n. 4, pág. 795-800, 2018.

TABACHNICK, W. J. Evolutionary genetics and arthropod-borne diseases: the yellow fever mosquito. American Entomologist, v. 37, n. 1, pág. 14-26, 1991.

THOMAS, M. B. Biological control of human disease vectors: a perspective on challenges and opportunities. BioControl, v. 63, n. 1, p. 61-69, 2018.

THORNTON, J. H., BATENGANA, B. M., EIRAS, A. E., IRISH, S. R. Evaluation of collection methods for *Culex quinquefasciatus*, *Aedes aegypti*, and *Aedes simpsoni* in northeastern Tanzania. J Vector Ecol, v. 41, p. 265-270, 2016.

TRAN, T. T., et al. Sustentabilidade social do controle biológico de mesociclopes para dengue no Vietnã do Sul. Acta tropica, v. 141, p. 54-59, 2015.

TURELL, M. J. Members of the *Culex pipiens* Complex as Vectors of Viruses1. Journal of the American Mosquito Control Association, v. 28, n. 4s, p. 123-126, 2012.

TURLEY, A. P., MOREIRA, L. A., O'NEILL, S. L., MCGRAW E. A., Wolbachia infection reduces blood-feeding success in the dengue fever mosquito, *Aedes aegypti*. PLOS Negl. Trop. v. 3, 2009.

VEDOVELLO, D., et al. Primeira sequência de genoma do vírus da encefalite St. Louis (SLEV) isolado de um humano no Brasil. Arch Virol, v. 160, n. 5, p. 1189-1195, 2015.

VONTAS, J. et al. Resistance to insecticides in the main vectors of dengue, *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 104, n. 2, pág. 126-131, 2012.

VU, S. N., et al. Erradicação do *Aedes aegypti* em um vilarejo do Vietnã, usando copépodes e participação da comunidade. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, v. 59, n. 4, p. 657-660, 1998.

WALKER, T., JOHNSON, P. H., L. A. MOREIRA, I. Iturbe-Ormaetxe, F. D. Frentiu, C. J. McMeniman, Y. S. Leong, Y. Dong, J. Axford, P. Kriesner, A. L. Lloyd, S. A. Ritchie, S. L. WEBB, Cameron. 2.6 Gerenciando mosquitos em áreas úmidas de água doce construídas, 2013. Disponível em [file:///C:/Users/Maiara%20Menezes/Desktop/Escolhidas/2.06 Managing mosquitoes in constructed freshwater wetlands.pdf](file:///C:/Users/Maiara%20Menezes/Desktop/Escolhidas/2.06%20Managing%20mosquitoes%20in%20constructed%20freshwater%20wetlands.pdf). Acesso em: 10 out. 2021.

WERMELINGER, E. D., et al. The use of modified mosquitoes in Brazil for the control of *Aedes aegypti*: methodological and ethical restrictions. Cadernos de saude publica, v. 30, p. 2259-2261, 2014.

WERMELINGER, E. D.; FERREIRA, A. P.; HORTA, M. A. The use of modified mosquitoes in Brazil for the control of *Aedes aegypti*: methodological and ethical restrictions. Public health notebooks, v. 30, p. 2259-2261, 2014.

WHO. Lymphatic filariasis (elephantiasis) disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lymphatic-filariasis>. Acesso em: 01/10/2021.

XAVIER, M, N., RODRIGUES, M, P., MELO, D, C, T, V., SANTOS, E, M, M., BARBOSA, R, M, R., OLIVEIRA, C, M, F. Double BR-OVT: a new trap model for collecting eggs and adult mosquitoes from *Culex quinquefasciatus* and *Aedes* spp. Revista Instituto Medicina Tropical. São Paulo. 2020.

XAVIER, M. N. Adaptação da armadilha BR-OVT adesiva para o monitoramento e controle de *Culex quinquefasciatus* e *Aedes Aegypti* (Diptera: Culicidae). Tese (Doutorado em Biociências e Biotecnologia em Saúde) - Instituto Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife. 2018, 112 p.

XAVIER, M. N. et al. Field evaluation of sticky BR-OVT traps to collect culicids eggs and adult mosquitoes inside houses. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, v. 51, n. 3, p. 297-303, 2018.

ZHANG, D., ZHENG, X., XI, Z., BOURTZIS, K. & GILLES, J. R. L. Combining sterile insect technique with incompatible insect technique: I-impact of wolbachia infection on the fitness of individuals with triple infection and double strains of *Aedes albopictus*. PLoS ONE, v. 10, 2015.

## APÊNDICE A - ARTIGO: APRIMORAMENTO E AVALIAÇÃO DA ARMADILHA BR-ADULT PARA COLETAR ADULTOS VIVOS E IMATUROS DE *Aedes aegypti* E *Culex quinquefasciatus* (DIPTERA: CULICIDAE)

### APRIMORAMENTO E AVALIAÇÃO DA ARMADILHA BR-ADULT PARA COLETAR ADULTOS VIVOS E IMATUROS DE *Aedes aegypti* e *Culex quinquefasciatus* (DIPTERA: CULICIDAE)

Maiara Santos de Menezes<sup>1</sup>, Gabriel Bezerra Faienstein<sup>1</sup>, Andréa Karla da Silva Sena<sup>1</sup>, Tainá Santos<sup>1</sup>, Rosângela Maria Rodrigues Barbosa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de entomologia, <sup>1</sup>Instituto Aggeu Magalhães – FIOCRUZ/PE;

#### Resumo

As armadilhas para coleta de mosquitos atuais, em geral, não atendem ao requisito de coletar simultaneamente ovos e adultos vivos sem que dependa de uma fonte de energia elétrica, aspecto que limita o seu uso em Programas de Controle de Vetores. Diante disso, este estudo teve como objetivo avaliar o desempenho de um novo modelo de armadilha, BR-Adult, capaz de coletar ovos e adultos vivos de *A. aegypti* e *C. quinquefasciatus*. Ela foi confeccionada a partir de materiais plásticos de baixo custo, avaliada em condição simulada de campo e em Teste-Piloto de campo, nas dependências internas e externas do IAM, FIOCRUZ-PE. Nos testes de campo simulado a BR-Adult foi avaliada em suas três versões, comparada em versões distintas (versão 1 x versão 3) ou com a armadilha Double BR-OVT, ao longo de 20 meses. Para os testes eram liberados 50 fêmeas grávidas e 50 machos de *A. aegypti* e *C. quinquefasciatus*. Para os testes piloto em campo, foram selecionados seis pontos de instalação. As manutenções das armadilhas eram realizadas após um período de sete dias em campo. A água com Bti eram trocadas a cada 15 dias e as palhetas a cada sete dias. Os resultados das avaliações dos testes pareados BR-Adult (versão 1) versus Double BR-OVT, demonstraram que a Double BR-OVT foi mais eficiente na coleta de ovos e adultos. De um total de 3.449 ovos e 120 adultos coletados, a Double BR-OVT coletou 95% dos ovos ovipositados e 100% dos adultos aprisionados. Na comparação da BR-Adult (versão 3) com a Double BR-OVT, de um total de 8.021 ovos e 252 adultos coletados, a Double BR-OVT coletou 76% dos ovos ovipositados e 82% dos adultos aprisionados. Os resultados da avaliação do teste pareado BR-Adult (versão 1) versus BR-Adult (versão 3) demonstraram que a BR-Adult (versão 3) coletou mais imaturos e adultos. Um total de 3.693 ovos, 29 fêmeas e 3 machos de *A. aegypti* foram coletados, com média de 7,3 fêmeas, por repetição. Já a BR-Adult (versão 1) coletou 715 ovos, 15 fêmeas e 2 machos de *A. aegypti*, com média de 3,8 fêmeas, por repetição. Nos Testes-Piloto-IAM com a BR-Adult (versão 1) foram coletados 123 mosquitos adultos, destes, 34 fêmeas e 89 machos da espécie *C. quinquefasciatus*, e 11 ovos de *Aedes* spp. Com a BR-Adult (versão 2), os resultados de dezembro/2019 a março/2020 foram coletados 2351 ovos de *A. aegypti* apenas. De agosto a dezembro de 2020 foram coletados 2.532 ovos e 5 fêmeas de *A. aegypti*. De janeiro a abril de 2021 foram coletados 3.348 ovos e uma fêmea de *A. aegypti* e de *C. quinquefasciatus*. De maio a setembro de 2021, com BR-Adult, na versão 3, coletou 1.709 ovos de *Aedes* spp e 7 fêmeas de *A. aegypti*. Estes resultados permitem concluir que a armadilha BR-Adult foi capaz de coletar ovos e mosquitos adultos vivos de *A. aegypti* e *C. quinquefasciatus*, no entanto, sua baixa efetividade para a retenção dos mosquitos adultos,



revela a necessidade de novos ajustes no instrumento, que permita uso em campo.

**Palavras-chave:** *Aedes aegypti*; Culicídeos; Ovitrapas; Vigilância vetorial

### Introdução

A faixa de distribuição global de arbovírus como dengue, zika e chikungunya vem se expandindo, e em consequência disso estão ocorrendo surtos de doenças graves em muitas populações urbanas (BHATT, et al, 2013; NSOESIE, et al, 2015; MESSINA, et al, 2016).

Aproximadamente metade da população mundial vive em áreas ambientalmente adequadas para a transmissão da dengue, e sua incidência aumentou em 30 vezes nos últimos 50 anos.

Apesar de todo o investimento realizado nas últimas décadas visando mitigar surtos de transmissão de arbovírus em populações urbanas de alguns países ao redor do mundo, a grande maioria deles continua a presenciar uma forte infestação do mosquito *Aedes aegypti*, e o Brasil é um deles. A busca ativa por criadouros e a aplicação de larvicidas nos mesmos, são metodologias que vêm se mostrando ineficientes e insuficientes no que diz respeito ao controle vetorial (BARRETO *et al.*, 2011). Por outro lado, o método de controle integrado visa aplicar diferentes estratégias baseadas no controle efetivo e sustentável localmente adaptados, descritos no novo programa de controle de vetores da Organização Mundial Saúde (2017). Nesse sentido, destaca-se o método mecânico-comportamental, que consiste na utilização de alguns modelos de armadilhas para coletar mosquitos, auxiliando no monitoramento, na vigilância e no controle populacional de mosquitos (BARBOSA et al, 2007).

Baseadas na ecobiologia da espécie-alvo, armadilhas de insetos são produzidas com bastante especificidade. Apresentam características fisicamente atrativas, baseadas principalmente no seu tamanho, na cor, e na altura de sua instalação (BRAZIN; WILLIAN, 2018). Por vezes,

armadilhas de mosquitos foram associadas a atrativos químicos, onde iscas atrativas tiveram o papel de aumentar sua eficiência (LEAL, 2008; BARBOSA; REGIS 2011). Os modelos de armadilhas para *A. aegypti* são baseadas na coleta de imaturos, como a ovitrapa (FAY; PERRY, 1965), e a larvitrapa (BRASIL, 2018); e coleta de adultos, Mosquitrap (EIRAS, 2002), BG-Sentinel (KRÖCKEL et al., 2006); Gravid Aedes Trap (GAT) (EIRAS et al., 2014), entre outros. Nosso grupo de pesquisa desenvolveu um novo modelo capaz de coletar ovos e adultos de mosquito do gênero *Culex* e *Aedes*, a BR-OVT adesiva (XAVIER et al 2018; XAVIER, 2018).

Apesar da eficiência da BR-OVT adesiva em coletar mosquitos adultos, a cola entomológica inviabiliza o uso dos mosquitos coletados para o diagnóstico de arbovírus, portanto impossibilitando o aproveitamento da amostra para vigilância de arbovírus. No Instituto Aggeu Magalhães, o atual método de diagnóstico em vetores é realizado em amostras de campo coletadas por aspirações, realizados por operadores. Alguns modelos de armadilhas, como a BG-sentinel (KRÖCKEL et al. 2006), que foi desenhada para capturar fêmeas de *A. aegypti*, no entanto, são de alto custo, e necessitam de uma fonte de energia, o que inviabiliza seu uso em larga escala em países com baixas condições socioeconômicas.

Diante da necessidade de um instrumento que possa contribuir para o controle, monitoramento e vigilância do mosquito *A. aegypti*, e que possa ser usado em larga escala, sem a necessidade de uma fonte de energia, desenhamos um protótipo que seja capaz de coletar ovos e adultos vivos de *A. aegypti*, confeccionado com materiais de baixo custo e independe de energia. O novo modelo de armadilha, que poderá auxiliar tanto nas ações de controle

quanto na vigilância de arbovírus, passou por ensaios prévios e já demonstraram que ela é sensível, e, uma vez que sua eficácia seja comprovada, a armadilha pode vir a ser patenteada.

## **Material e Métodos**

### **Área de estudo**

Os ensaios em semi-campo e campo simulado foram conduzidos nas dependências externas e internas do Instituto Aggeu Magalhães/FIOCRUZ-PE (IAM/FIOCRUZ-PE). Os ensaios em campo simulado foram conduzidos em uma área experimental de comportamento, André Furtado e Lêda Regis (Figura 29).

### **Obtenção dos mosquitos e repasto sanguíneo para ensaio de campo simulado**

Mosquitos *A. aegypti* e *C. quinquefasciatus* foram obtidos das colônias mantidas no insetário do Departamento de Entomologia do IAM\_FIOCRUZ-PE. Os imaturos foram criados em recipientes contendo uma proporção aproximada de 300 indivíduos para cada litro de água da torneira, e oferta de alimento (ração para gatos Friskies®) a cada dois dias. Na sala de criação larvária, o fotoperíodo foi ajustado para 14:10 h, com temperatura média de  $27 \pm 2$  °C e registros diários de umidade relativa, que variaram entre 70 e 89%. Após a emergência, os mosquitos foram transferidos para uma gaiola de contenção de adultos (30 x 22 x 20 cm), com disponibilidade *ad libitum* de água e de solução de sacarose a 10%, embebidos em algodão. Entre o sétimo e o décimo dia de emergência, foi oferecido um repasto sanguíneo com 20 ml de sangue desfibrinado do coelho *Oryctolagus cuniculus*, através de um sistema de alimentação artificial. Para isso, foi utilizada uma placa de Petri de plástico, sem tampa, possibilitando revestir a face exposta com 2 camadas de parafilme, além disso, havia uma perfuração na placa por onde o sangue, aquecido a 37 °C, foi adicionado com uma pipeta Pasteur descartável. A

placa com sangue foi colocada sobre a tela superior da gaiola durante 1 hora, para a alimentação das fêmeas. Dois dias após alimentação, 50 fêmeas e 50 machos de *A. aegypti* e *C. quinquefasciatus* foram transferidos para o espaço experimental.

### **Armadilhas**

#### **BR-Adult**

O protótipo da armadilha, BR-Adult (Faienstein, 2021) foi construída com materiais plásticos e de baixo custo. Constituída por um balde plástico pintado com tinta fosca preta, com alça e tampa, com capacidade para 12L e medindo 26 cm de altura, um pote plástico com tampa, com capacidade para 5,1L, de cor transparente medindo 21cm de altura, um funil de plástico pintado com tinta fosca preta, medindo 11cm de comprimento. O balde serve como recipiente de retenção de água, e, para a entrada do mosquito, sua tampa terá uma abertura com diâmetro de 14,5 cm. O funil fica suspenso por uma camada de tecido tule, por onde entrará luz. O tule possui uma abertura onde será encaixado o funil, para a entrada do mosquito. No final do funil foi adaptado um retalho de tecido escuro, para estreitar a entrada/saída da armadilha. No interior do balde, está localizado um recipiente plástico com tampa, com um corte circular no fundo por onde ficará preso a tampa do balde, mergulhado na água. Dentro deste pote interno ficará a palheta de Eucatex, com medida de 15x45cm. A tampa do pote interno também possui um corte circular, onde será coberto com uma tela de nylon, para possibilitar o mergulho do pote contendo a palheta. Na lateral da armadilha, há duas aberturas.

#### **Double BR-OVT**

A armadilha adesiva, Double BR-OVT (Figura 26) foi desenvolvida por Xavier et al., (2020). Esta armadilha é composta por uma caixa de polietileno preta medindo 13 × 35 × 24 cm, com uma abertura central de

16 × 9 cm na face superior, para entrada de mosquitos. No interior da caixa é acondicionado um recipiente retangular de plástico preto com capacidade para 4 L e suposto a este, uma borda de polietileno preta, que possui capacidade adesiva devido à adição da cola entomológica Colly®. Além disso, uma faixa de tecido de algodão cru ou morim (10 × 110 cm), revestindo a parede do recipiente, utilizada para coletar ovos de *Ae. aegypti*.

#### **Testes em condições de campo simulado**

Os testes foram realizados na área externa da sala experimental de comportamento Lêda Regis e André Furtado (26 m<sup>2</sup>), ao abrigo do sol e da chuva e com circulação de ar entre o ambiente interno e externo, dessa forma, sofrendo influência das variáveis de temperatura e umidade, cujos valores foram verificados diariamente. Este espaço mimetizou um ambiente de peridomicílio.

#### **Teste 1: Avaliação da sensibilidade da armadilha BR-Adult**

Para este teste, foi instalada apenas uma armadilha BR-Adult no interior do ambiente teste. Foram adicionados 4 litros de água de torneira e 2,5 g de larvicida Vectobac WG<sup>†</sup>(Bti) (Figura 33). Para cada teste foram liberadas 50 machos e 50 fêmeas grávidas *A. aegypti*, alimentadas com sangue de coelho. Ao final de três dias, a armadilha era recolhida, os mosquitos adultos capturados eram removidos e identificados (sexo e espécie) com o auxílio do sugador de Castro, e os ovos depositados nas palhetas eram contabilizados com o auxílio de uma lupa.

#### **Teste 2: Avaliação da eficácia da BR-Adult, utilizando duas armadilhas**

Para este teste, foram instaladas duas armadilhas BR-Adult no mesmo ambiente teste. Para cada armadilha foram adicionados no seu interior 4 litros de água de torneira e 2,5 g de larvicida Vectobac WG<sup>†</sup>(Bti). Para cada teste foram liberadas

50 machos e 50 fêmeas grávidas de *A. aegypti* e *C. quinquefasciatus*, alimentadas com sangue de coelho. Ao final de três dias, as armadilhas eram recolhidas, os mosquitos adultos capturados eram removidos e identificados (sexo e espécie) com o auxílio do sugador de Castro, e os ovos depositados nas palhetas eram contabilizados com o auxílio de uma lupa.

#### **Teste 3: Avaliação da BR-Adult comparada a Double BR-OVT;**

Para este teste, a armadilha foi instalada com a armadilha Double BR-OVT no mesmo ambiente teste. Na armadilha BR-Adult foram colocados 4 litros de água, 2,5 g de Bti, e uma palheta de eucatex (15x46cm). Para cada teste foram liberados na área experimental 50 machos e 50 fêmeas grávidas de *A. aegypti* e *C. quinquefasciatus*, alimentadas com sangue de coelho. Na armadilha Double BR-OVT, foi colocado 2L de água e 1,0g de Bti (Xavier et al 2021). Ao final de 3 dias, as armadilhas eram recolhidas, os mosquitos adultos que estavam apreendidos na BR-Adult ou colados na parte adesiva da Double BR-OVT foram contabilizados, bem como os ovos e jangadas coletados nas duas armadilhas. Houve um rodízio de posição, onde as duas armadilhas trocaram de lugar a cada rodada de avaliação.

#### **Testes piloto em campo**

Foram selecionados seis pontos diferentes na área externa no IAM/FIOCRUZ-PE, ficando uma armadilha em cada um dos pontos selecionados previamente. As manutenções das armadilhas eram realizadas após um período de sete dias em campo. A água com Bti eram trocadas a cada 15 dias e as palhetas a cada 7 dias.

#### **Análise Estatística**

Os ensaios pareados em campo simulado foram avaliados pelo teste não paramétrico de Wilcoxon. Além disso, foi calculado a porcentagem dos mosquitos capturados, representado pela Taxa de

Captura (TC), calculado pela fórmula  $TC = (MC \div ML) \times 100$ , em que MC é o total de mosquitos capturados, enquanto ML é o total de mosquitos liberados no espaço. Todas as análises foram realizadas pelo software GraphPad (Prism 9ª versão), enquanto os Gráficos e as tabelas foram criados no Excel (Microsoft Office 360).

## Resultados

### Avaliações em campo simulado

Fariestein (2021) nos testes iniciais com a BR-Adult (versão 1), em campo simulado, observou o efeito da sensibilidade da armadilha, aproximadamente 20% das fêmeas de *A. aegypti* que foram liberadas foram capturadas. Não foi possível correlacionar ( $p > 0,005$ ) o número de ovos nas palhetas com o número de adultos que se mantiveram aprisionados até o final da repetição. No entanto, em nenhuma observação a armadilha foi recolhida sem mosquitos aprisionados, o que mostra sua viabilidade para aperfeiçoamento e avaliações em campo.

### Avaliação do potencial da BR-Adult (versão 1) comparada à Double BR-OVT

Agora soltando 50 machos e 50 fêmeas em campo simulado, ao longo de 6 repetições de testes avaliando o potencial de coleta da BR-Adult, em comparação com a Double BR-OVT, os resultados mostraram que a BR-Adult coletou 179 ovos e 1 fêmea de *A. aegypti*, com média de 30 ovos, por repetição e a Double BR-OVT coletou 3398 ovos e 70 fêmeas de *A. aegypti*, com média de 599 ovos e 12 fêmeas, por repetição. A taxa de captura média de adultos da Double BR-OVT foi de 10%. Não foi observado sucesso na captura de machos de *A. aegypti* e adultos de *C. quinquefasciatus* pela BR-Adult, assim como não foi observado sucesso na captura de machos de *Cx. quinquefasciatus* pela BR-OVT, nas condições impostas, quando foram realizados os testes.

### Avaliação do potencial da BR-Adult (versão 3) comparada à Double BR-OVT

Após uma nova modificação em sua estrutura (descrita em 8.3.3), a BR-Adult foi avaliada novamente em comparação com a Double BR-OVT. Foram realizadas 7 repetições, com 50 machos e 50 fêmeas de *A. aegypti*, e 6 com machos e fêmeas de *C. quinquefasciatus*. A partir das amostras coletadas, foram calculados a soma total, a média e o desvio padrão de jangadas, ovos de *A. aegypti*, machos e fêmeas de *A. aegypti* e *C. quinquefasciatus*. A Double BR-OVT coletou 51 jangadas, 122 fêmeas de *C. quinquefasciatus*, e 6092 ovos e 84 fêmeas de *A. aegypti*. A média de coleta de jangadas e fêmeas de *C. quinquefasciatus* foi de 7 e 17, respectivamente, e a média de coleta de ovos e fêmeas de *A. aegypti*, foi de 870 e 12, respectivamente, tendo um percentual médio de taxa de captura de adultos de 15%, por repetição. A BR-Adult coletou 22 jangadas, 1 macho e 19 fêmeas de *C. quinquefasciatus*, e, 1929 ovos e 26 fêmeas *A. aegypti*. A média de coleta de jangadas, fêmeas e machos de *Cx. quinquefasciatus* foi de 3, 1 e 4, respectivamente, por repetição, tendo um percentual médio de taxa de captura de 4%.

Na armadilha Double BR OVT a média das taxas de captura das fêmeas de *A. aegypti* e *C. quinquefasciatus* foram respectivamente  $40,6 \pm 12,7\%$ , enquanto para BR-Adult, *A. aegypti* ( $7,4 \pm 4,7\%$ ) e *C. quinquefasciatus* ( $5,4 \pm 6,9\%$  / machos =  $0,29 \pm 0,7\%$ )

Em relação a captura de *C. quinquefasciatus*, a BR-OVT coletou significativamente mais fêmeas ( $p=0,0011$ ), mas não houve diferença significativa ( $p=0,052$ ) na coleta de jangadas entre as armadilhas. Comparando o potencial de eficácia da BR-Adult para a coleta de ovos de *A. aegypti*, foi observada diferença significativa ( $p=0,0399$ ) entre as armadilhas, com a BR-OVT coletando ovos em maior número. Por outro lado, não houve diferença significativa ( $p=0,0679$ ) entre as duas armadilhas, na coleta de fêmeas de *A. aegypti* (Figura 38). Não foi

observado sucesso para a captura de machos nas condições em que as armadilhas foram instaladas.

### **Avaliação da BR-Adult em semi-campo**

De setembro a novembro de 2019 demos início aos testes da avaliação em semi-campo. A armadilha BR-Adult foi avaliada, primeiramente, com uma réplica teste, localizada no corredor dos banheiros da quadra poliesportiva do IAM (Figura 31B). A BR-Adult (versão 1) coletou um total de 123 adultos, destes, 34 fêmeas e 89 machos da espécie *C. quinquefasciatus*, e 11 ovos de *Aedes* spp (Tabela 4). Com média de 7 machos e 3 fêmeas/armadilha/semana de *C. quinquefasciatus*. Nenhuma para *Aedes*.

Em dezembro de 2019 começamos os testes com as modificações realizadas (versão 2). Desta vez, foram selecionados seis diferentes pontos, onde as armadilhas foram instaladas. Em quatro meses de avaliação, foram coletados 2351 ovos de *A. aegypti*, com média de 392 ovos por repetição, e desvio padrão de 250.

Em decorrência ao agravamento da pandemia, em março de 2020, os testes em semi-campo tiveram que ser suspensos. Em agosto de 2020 foi permitida a retomada dos projetos, e as armadilhas foram reinstaladas nos mesmos postos descritos anteriormente. De agosto a dezembro de 2020 foram coletados um total de 2.532 ovos e 5 fêmeas de *A. aegypti* (Tabela 6). Com média de 26 ovos/armadilha/semana; 1 mosquito/armadilha/mês. De janeiro a abril de 2021 foram coletados um total de 3.348 ovos e uma fêmea de *A. aegypti*, mais uma fêmea de *C. quinquefasciatus*, com média de 35 ovos/armadilha/semana; nenhuma média representativa de mosquitos/armadilha/mês.

Em maio de 2021, houve uma nova atualização estrutural na armadilha (versão 2). De maio a setembro de 2021, a BR-Adult coletou 1.709 ovos de *Aedes* spp e 7 fêmeas de *A. aegypti* (Tabela 8), com média de 14 ovos/armadilha/semana.

### **Discussão**

Reduzir para níveis baixos a densidade dos vetores de patógenos que causam doenças é a única medida atualmente disponível para prevenir o contágio da população em risco (BRASIL 2009, 2014, 2017). Todavia, nem sempre o fato de reduzir a densidade de vetores a um limite mínimo pode resultar necessariamente em baixo nível de transmissão, porque um único vetor pode transmitir patógenos a muitas pessoas por meio de seu comportamento sinantrópico e antropofágico, e um único virion pode ser suficiente para produzir uma infecção potente no hospedeiro humano (MORRISON; SCOTT, 2010). Além disso, a aplicação de larvicidas em criadouros, pulverização de inseticidas, ou eliminação de recipientes de água domésticos por meio do envolvimento da comunidade são trabalhosos e muitas vezes insustentáveis (ISAACS, 2006). O levantamento rápido de índices para *A. aegypti* consiste em um método simplificado para obtenção rápida de indicadores entomológicos, todavia, este método possui alguns pontos fracos, que incluem a falta de representação da carga vetorial de patógenos e a falta de correlação entre os diferentes indicadores (MORATO, et al., 2005; KAY; NAM, 2005). Diante disto se faz necessário uma ferramenta confiável de vigilância vetorial e arboviral, contribuindo para a prevenção e controle de arbovirose.

Como um instrumento de coleta passiva de culicídeos vetores, as armadilhas vêm se mostrando importantes ferramentas para a detecção da presença e coleta de mosquitos, nas formas imaturas e adulta, tendo alto potencial de retirada em massa de ovos, larvas e mosquitos adultos do ambiente, com o mínimo de intervenção humana (REGIS et al, 2008; ACHEE et al., 2015). Frente a isso, desenvolvemos um modelo de armadilha com o propósito de coletar imaturos e adultos vivos de espécies de importância médica, que não necessitasse de energia elétrica ou

componentes adesivos em sua estrutura, visando obter uma ferramenta que seja viável para uso em larga escala, e que possibilite a análise molecular das amostras, mantendo os mosquitos vivos em seu interior, apresentando assim o potencial de auxiliar, tanto na vigilância vetorial, quanto arboviral. Observamos seu desempenho em campo simulado, mimetizando uma região de peridomicílio, em pares, e, comparada a armadilha Double BR-OVT, expondo 50 fêmeas grávidas e 50 machos, das espécies *A. aegypti* e *C. quinquefasciatus*, em um ambiente confinado, mas sofrendo interferência das variações de temperatura, umidade e luminosidade do campo.

Ao longo de 6 repetições, a BR-Adult (versão 1) foi comparada à Double BR-OVT, e coletou uma média de 30 ovos, enquanto a BR-OVT coletou uma média de 599 ovos de *A. aegypti*. Esses resultados mostram que, apesar de a BR-Adult não apresentar uma quantidade significativa de ovos coletados, em relação à Double BR-OVT, ela é eficiente em atrair fêmeas grávidas de *A. aegypti* para a oviposição. Tal resultado pode se dever ao fato de que a BR-OVT possui um componente adesivo, o que facilita a contenção dos mosquitos, pois ao pousarem para iniciar o processo de oviposição, elas ficam presas em uma cola entomológica, fazendo com que elas morram ou percam partes de seu corpo ao tentarem voar com as patas presas na cola ou na hora de serem retiradas da cola, assim como ocorreu no estudo de Fachinelli (2017), que avaliou o desempenho da armadilha adesiva Sticky Trap, em campo. Isso impossibilita qualquer análise molecular para vigilância arboviral. A BR-Adult, apesar de nesse ciclo de testes não ter apresentado um resultado significativo no que diz respeito à coleta de fêmeas adultas, possui o potencial de contê-las vivas e sem prejudicar sua estrutura corporal, possibilitando o diagnóstico molecular das amostras capturadas.

As taxas de captura da BR-Adult, neste ciclo

Os resultados deste trabalho

geraram informações de interesse prático, mostrando que o novo modelo de armadilha, BR-Adult, que não utiliza nenhuma fonte de energia para seu funcionamento e não possui partes adesivas, foi capaz de coletar imaturos e adultos vivos dos gêneros *Aedes* e *Culex*. O método mecânico comportamental, que consiste no uso de armadilhas para a captura e retirada de ovos e adultos de culicídeos vetores do ambiente, representa um dos pilares de sustentação do manejo integrado de vetores da Organização Mundial de Saúde (OMS, 2004).

A BR-Adult quando avaliada em semi-campo demonstrou sensibilidade para detectar culicídeos na forma imatura, mostrando positividade em 100% dos 6 pontos onde foi instalada, para a presença de ovos de *A. aegypti*. Para a presença de adultos, 2 dos 5 momentos de avaliação, a armadilha esteve positiva para as duas espécies, *C. quinquefasciatus* e *A. aegypti*, com um percentual maior para *A. aegypti* (80%). Após 21 meses de avaliação em semi-campo, a BR-Adult coletou uma média de  $1 \pm 6,8$  *Culex*/ponto/ciclo. O desempenho desta armadilha foi semelhante ao de outras armadilhas, como a Double BR-OVT ( $3,5 \pm 7,4$  *Culex*/residência/ciclo) (XAVIER, et al., 2020), Sticky trap ( $0,1 \pm 0,4$  *Culex* fêmea/armadilha/15 noites) e MosquiTRAP ( $0,2 \pm 0,5$  *Culex* fêmea/armadilha/15 noites), avaliada em Muheza, Tanzânia (THORNTON, et al., 2016) e a Sticky BR-OVT, avaliada em Olinda, Pernambuco, que coletou  $2,16 \pm 4,78$  *Culex*/armadilha/mês (XAVIER, et al., 2018).

O bom desempenho da BR-Adult também foi observado na captura de *Aedes* spp ( $0,83 \pm 1,16$ ). Quando comparada com outras armadilhas adesivas desenvolvidas para coletar *Aedes*, como Double BR-OVT ( $1,8 \pm 3,2$  *Aedes*/residência/ciclo) (XAVIER, et al., 2020); AedesTraP, avaliado em Recife, ( $0,54 \pm 0,07$  fêmeas/armadilha/28 dias) (SANTOS, et al., 2012), e a MosquiTRAP, avaliado em Belo Horizonte, Minas Gerais, ( $0,11$

*Aedes*/armadilha/semana) (GAMA, et al., 2007) e no Rio de Janeiro ( $0,2 \pm 0,1$  *Aedes*/armadilha/semana) (HONÓRIO, et al., 2009). Com a BR-Adult, também foi possível coletar ovos de *Aedes* spp (média de  $2,2 \pm 558$  ovos de *Aedes*/ ponto) e o desempenho desta armadilha foi semelhante ao das armadilhas, Double BR-OVT (média de  $410 \pm 585$  ovos de *Aedes*/ residência/ 18 meses) (XAVIER, et al 2020).

### Conclusão

- a) A BR-Adult é uma armadilha que agrega em uma única ferramenta a coleta de ovos e adultos vivos de *Culex quinquefasciatus* e *Aedes aegypti*.
- b) A Double BR-OVT foi mais sensível em coletar ovos e adultos de *Culex quinquefasciatus* e *Aedes aegypti*, porém a BR-Adult tem a vantagem em coletar adultos vivos.
- c) A BR-Adult poderá vim a ser empregada como uma ferramenta a ser agregada em estratégias de monitoramento de arbovirus.
- d) O emprego de duas BR-Adult aumenta o número de mosquitos coletados na armadilha, indicando que esta estratégia pode ser empregada no controle de *C. quinquefasciatus* e *A. aegypti*.

### Agradecimentos

Agradecemos o apoio financeiro da e a infraestrutura do IAM- FIOCRUZ-PE (Instituto Aggeu Magalhães).

### Referências

BHATT, S. et al. The global distribution and burden of dengue. Nature, v. 496, p. 504–507, apr, 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. DIRETRIZES NACIONAIS PARA PREVENÇÃO E CONTROLE DE

EPIDEMIAS DE DENGUE. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2009a. p. 160 Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes\\_nacionais\\_prevencao\\_controle\\_dengue.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_nacionais_prevencao_controle_dengue.pdf). Acesso em 10/10/2021.

MORATO, V. C. G., et al. Infestation of *Aedes aegypti* estimated by oviposition traps in Brazil. Revista de saúde pública, v. 39, n. 4, p. 553-558, 2005.

NSOESIE, E. O., et al. Global distribution and environmental support for the chikungunya virus, 1952 to 2015. Eurosurveillance, v. 21, ed 20, mai 2015.

RATA, E. A. M., et al. Population of *Aedes aegypti* (L.) in an endemic area of dengue, Southeastern Brazil. Revista de saude publica, São Paulo, v. 35, p. 237-242, 2001.

SANTOS, E. M. M. et al. Evaluation of a sticky trap (AedesTraP), made from disposable plastic bottles, as a monitoring tool for *Aedes aegypti* populations. Parasites & Vectors, London, v. 5, p. 1-10, 2012.