

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS SENADOR HELVÍDIO NUNES DE BARROS
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

MAYRA DE SOUSA FÉLIX DE LIMA

**AVALIAÇÃO DA AÇÃO INSETICIDA DO PYRIPROXYFEN CONTRA LARVAS DE
CAMPO DE *Aedes aegypti* NO MUNICÍPIO DE PICOS PI**

PICOS-PIAUÍ

2021

MAYRA DE SOUSA FÉLIX DE LIMA

**AVALIAÇÃO DA AÇÃO INSETICIDA DO PYRIPROXYFEN CONTRA LARVAS DE
CAMPO DE *Aedes aegypti* NO MUNICÍPIO DE PICOS PI**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Piauí, Campus Senador Helvídio Nunes de Barros, como requisito parcial para obtenção do título de Graduado em Licenciatura em Ciências Biológicas.

Orientador(a): Profa. Dra. Marcia Maria Mendes Marques

PICOS-PIAUI

2021

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Campus Senador Helvídio Nunes de Barros
Biblioteca Setorial José Albano de Macêdo
Serviço de Processamento Técnico

L732a Lima, Mayra de Sousa Félix de
Avaliação da ação inseticida do Pyriproxyfen contra larvas de campo de *Aedes aegypti* no município de Picos PI / Mayra de Sousa Félix de Lima – 2021.

Texto digitado
Indexado no catálogo *online* da biblioteca José Albano de Macêdo-CSHNB
Aberto a pesquisadores, com as restrições da biblioteca

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Piauí, Licenciatura em Ciências Biológicas, Picos-PI, 2021.
“Orientadora: Dra. Marcia Maria Mendes Marques”.

1. Larvicida. 2. Controle de vetor. 3. *Aedes aegypti*-resistência. I. Marques, Marcia Maria Mendes. II. Título.

CDD 595.7

MAYRA DE SOUSA FÉLIX DE LIMA

AVALIAÇÃO DA AÇÃO INSETICIDA DO PYRIPROXYFEN CONTRA LARVAS DE CAMPO DE *Aedes aegypti* NO MUNICÍPIO DE PICOS PI

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Piauí, Campus Senador Helvídio Nunes de Barros, como requisito parcial para obtenção do título de Graduado em Licenciatura em Ciências Biológicas.

Orientador(a): Profa. Dra. Marcia Maria Mendes Marques

Aprovado em: 16/07/2021

BANCA EXAMINADORA

Marcia Maria Mendes Marques

Prof(a).Dra. Márcia Maria Mendes Marques (Orientadora)
Universidade Federal do Piauí

Jailson de Araújo Santos

Prof. Me. Jailson de Araújo Santos.
Universidade Federal do Piauí

Thiago Pereira Chaves

Prof. Dr. Thiago Pereira Chaves
Universidade Federal do Piauí

Dedico este trabalho ao meu querido e amado avô/pai.

Que me ensinou a caminhar, a viver, que me incentivou a estudar, que me cuidou e me amou. Mas, que ao partir discretamente numa bela noite, levou um pedaço de mim.

Anseio, vôzinho, anseio por lhe encontrar novamente. Você ficará para sempre na minha memória e será saudade em meu coração.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida, por colocar em meu caminho muitos desafios e oportunidades, alegrias e tristezas, por me guiar e iluminar minha mente para que eu pudesse trilhar meu caminho, por permitir que durante essa caminhada eu encontrasse tantas pessoas especiais.

A minha amada mãe, por me ensinar os caminhos a seguir, pelo apoio, dedicação, carinho e companheirismo, a senhora é minha maior inspiração, amo você!

À minha querida orientadora Dra. Marcia Maria Mendes Marques, pela confiança, paciência, pelos inúmeros ensinamentos, e por ser para mim um exemplo de profissional e mulher.

À minha família pelas palavras de amor e apoio. A minha avó Eulália por toda ajuda que me deu durante todos esses anos. A minha pequena e amada irmã Illys Maria, a quem amo tanto. Às minhas tias, em especial Senhora minha segunda mãe, Antonia e Frauza, por todo o amor, apoio, carinho e atenção desde minha infância e sempre que aqui precisei. Às minhas queridas primas/irmãs Luana, Laiane e Edinaria, pelo apoio constante, amizade, conselhos e por todos os momentos adoráveis que já compartilhamos.

Ao meu noivo Fransuelton, pelas palavras de autoestima quando achava que tudo estava perdido, pela paciência, compreensão e amizade.

A todos do laboratório dos mosquiteiros, agradeço os momentos de convívio e aprendizagem que compartilhamos, especialmente Ângela minha eterna dupla, a quem tenho grande admiração; Fabricio meu grande amigo; Laís minha grande conselheira e Lucas com quem aprendi muito. Obrigada!

Aos meus companheiros de curso, Hemerson (fofo), Tiago, Clarissy, Fernada, Rafaela, Daniela, Raylla, Karina, Linaria e tantos outros, por todos os momentos de companheirismo e por amenizarem o estresse do dia a dia, vocês tornaram os dias na UFPI melhores.

A todos os professores que participaram da minha jornada acadêmica.

E, por fim, a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, serei eternamente grata.

RESUMO

As doenças transmitidas por mosquitos são responsáveis por elevados índices de morbidade e mortalidade no Brasil. O mosquito *Aedes aegypti* é o principal vetor relacionado a transmissão de doenças virais como Febre Chikungunya, Zika e Dengue. A disponibilização de uma vacina e/ou tratamento para essas viroses seria um grande passo; porém, enquanto não acontecer, o controle do vetor continuará sendo o grande aliado no controle ao mosquito vetor e, conseqüentemente as doenças. A principal estratégia de controle para o *Ae. aegypti* tem sido o uso intensivo de inseticidas, sendo realizado através da eliminação dos criadouros potenciais, da aplicação de larvicidas em depósitos de água para consumo e do uso de inseticidas para combater as formas adultas durante os períodos de transmissão. Entretanto, o uso frequente desses inseticidas tem levado ao desenvolvimento de resistência do mosquito a estes compostos, comprometendo o controle e favorecendo a transmissão de doenças. Este trabalho busca através da pesquisa em laboratório, avaliar a resistência de populações de larvas e pupas de campo de *Ae. aegypti* na cidade de Picos, Piauí, ao regulador de crescimento *pyriproxyfen* (Sumilav0,5 G), em recipientes de plásticos e vidro. Foram utilizadas larvas de 3^o e 4^o estágio de *Ae. aegypti* coletadas em armadilhas do tipo larvitrapa, instaladas no intra, peridomicílio e terrenos baldios da cidade de Picos-PI. A eficácia do regulador de crescimento *pyriproxyfen* (Sumilav0,5 G), foi testada na concentração de 2 ppm, contra larvas de *Ae. aegypti*, em recipientes balde plástico e garrafas de vidro. Foi realizado três repetições com 10 larvas expostas ao regulador de crescimento, totalizando 30 larvas para cada dia do experimento. As avaliações foram nos dias 1, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63 e 70 após o tratamento, como também 24, 48 e 72 horas (determinar eficiência em curto período). Foi calculado o percentual de mortalidade de larvas e pupas, ao final do experimento. As populações de larvas de *Ae. aegypti* no município de Picos-PI apresentaram-se resistente ao inseticida Sumilarv na dose de uso recomendada pelo fabricante. A mortalidade de pupas foi significativamente maior que a de larvas. É imprescindível que o monitoramento da resistência aos inseticidas seja uma atividade de vigilância entomológica permanente.

Palavras-chave: Larvicida. Controle de vetor. Resistência.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Estágios de desenvolvimento do mosquito <i>Aedes aegypti</i>	20
Figura 2- Ovos de <i>Aedes aegypti</i>	21
Figura 3- Posição da larva de <i>Aedes aegypti</i> quando respirando	22
Figura 4- Morfologia externa do <i>Aedes aegypti</i>	23
Figura 5- Morfologia externa da pupa de <i>Aedes aegypti</i>	23
Figura 6- Fêmea adulta do mosquito <i>Aedes aegypti</i>	24
Figura 7- Esquema do escudo, patas e abdômen de <i>Aedes aegypti</i>	25
Figura 8- Níveis de incidência da dengue no Piauí	27
Figura 9- Monitoramento dos casos de dengue no Piauí	27
Figura 10- Distribuição da taxa de incidência de dengue por município, 2020	28
Figura 11- Monitoramento dos casos de Chikungunya no Piauí	29
Figura 12- Monitoramento dos casos de Zika no Piauí	30
Figura 13- Ciclos epidemiológicos (silvestre e urbano) da febre amarela no Brasil	31
Figura 14- Representação esquemática de dois neurônios, com indicação das classes de inseticidas neurotóxicos que atuam na transmissão axônica (OC, PI) e na transmissão sináptica (CA, OP, SP)	33
Figura 15- Estrutura molecular do DDT	35
Figura 16- Fórmulas estruturais do inseticida orgnofosforado	36
Figura 17- Estrutura molecular do Propoxur	36
Figura 18- Estrutura molecular do piretróide deltametrina	37
Figura 19- Estrutura química do hormônio juvenil natural mais comum entre os insetos	39
Figura 20- Estrutura química do <i>Pyriproxyfen</i>	40
Figura 21- Área de estudo, território do município de Picos-PI	42

Figura 22- (A)-Preparação da solução de *pyriproxyfen* (Sumilav 0,5 G), (B) em recipiente de plástico (C)em recipiente de viro 43

Figura 23- Preparação de bioensaios 44

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1-** Percentual da mortalidade de lavas em recipiente de plástico e vidro após 24, 48 e 72 horas de exposição a concentração de 2 ppm do pyriproxifen (Sumilav 0,5G)..... 45
- Tabela 2-** Percentual da mortalidade de pupas em recipiente de plástico e vidro após 24, 48 e 72 horas de exposição a concentração de 2 ppm do *pyriproxifen* (Sumilav 0,5G)..... 46
- Tabela 3-** Percentual da mortalidade de larvas em recipiente de plástico após os dias de tratamento 1, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63 e 70 dias, e vidro 1 e 7 dias de exposição ao *pyriproxifen* (Sumilav 0,5G) na concentração de 2ppm 47
- Tabela 4-** Percentual da mortalidade de pupas em recipiente de plástico após os dias de tratamento 1, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63 e 70 dias, e vidro 1 e 7 dias de exposição ao pyriproxifen (Sumilav 0,5G) na concentração de 2ppm 48

LISTA DE ABREVIATURAS

ACS	Agente Comunitário de Saúde
ACE	Agente Comunitário de Endemias
ACH	Acetilcolina
ACHÉ	Enzima
Ae	<i>Aedes</i>
Bti	Bacillus thuringiensis israelensis
CA	Carbomatos
CHIKV	Vírus da Chikungunya
DDT	Dicloro-Difenil-Tricloroetano
DENV	Vírus da Dengue
FIOCRUZ	Fundação Oswaldo Cruz
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
H.J	Hormônio Juvenil
IGR	Insect Growth Regulato
IPCS	Programa Internacional de Segurança Química
MoReNAa	Rede Nacional de Monitoramento da Resistência do <i>Aedes aegypti</i> a Inseticidas
MS	Ministério da Saúde
OC	Organoclorados
OP	Organofosforados
OMS	Organização Mundial de Saúde
PNCD	Programa Nacional de Controle da Dengue
PI	Piretroides

SP	Espinosinas
WHO	World Health Organization
WHOPES	Pesticide Evaluation Schemm
ZIKA	Vírus da Zika

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVOS	18
2.1 Objetivo Geral	18
2.2 Objetivos Específicos	18
3. REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.1 <i>Aedes aegypti</i>	19
3.1.1 Ciclo do <i>Aedes aegypti</i>	20
3.1.2 Ovo	20
3.1.3 Larva	21
3.1.4 Pupa	23
3.1.5 Adulto	24
3.2 Arboviroses transmitidas por <i>Aedes aegypti</i>	25
3.2.1 Arboviroses	25
3.2.2 Dengue	26
3.2.3 Chikungunya	28
3.2.4 Zika	29
3.2.5 Febre Amarela	30
3.3 Estratégias de controle ao <i>Aedes aegypti</i>	31
3.4 Controle químico	33
3.5 Inseticidas utilizados no controle do <i>Aedes aegypti</i>	34
3.5.1 Organoclorados (OC)	34
3.5.2 Organofosforados (OP)	35
3.5.3 Carbamatos (CA)	36
3.5.4 Piretróides (PI)	37
3.5.5 IGR-Reguladores de crescimento de insetos (Insect Growth Regulator) .	37
3.6 Resistência a inseticidas	40
4 MATERIAL E MÉTODOS	41
4.1 Área de estudo	41
4.2 Amostragem	42
4.3 Inseticida	42

4.4 Preparação da concentração	42
4.5 Bioensaios	43
4.6 Análise de dados	44
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
6 CONCLUSÃO	49
7 REFERÊNCIAS	50

1.INTRODUÇÃO

As doenças transmitidas por mosquitos são responsáveis por elevados índices de morbidade e mortalidade no Brasil. O mosquito *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus 1762) é o principal responsável pela transmissão de doenças virais como febre chikungunya, zika, febre amarela e dengue. O aumento da ocorrência da dengue e de outras arboviroses em áreas urbanas está relacionado ao adensamento populacional, à urbanização desordenada, à descontinuidade da distribuição de água e ao transporte de pessoas e mercadorias, que colaboram para a dispersão do vetor e dos vírus por todo o mundo (ESMERALDO, 2016). Nesse sentido, o controle do *Ae. Aegypti* tem sido um importante desafio, especialmente nos países em desenvolvimento. Mesmo em situações em que os recursos ofertados ao controle desse mosquito sejam apropriados para a implementação de programas, muitas vezes não se tem alcançado sucesso (ZARA *et al.*, 2016).

Não há medicamentos para o tratamento de Febre Chikungunya, Zika e Dengue que permitam o controle destas viroses e apesar dos esforços da comunidade científica ainda não temos uma vacina em pleno uso, com exceção da febre amarela. Assim, a principal estratégia de prevenção do controle destas doenças permanece centrada na redução da população dos vetores em níveis que impeçam a transmissão dos arbovírus (MOREIRA,2018).

A principal estratégia de controle para o *Ae. aegypti* tem sido o uso intensivo de inseticidas, sendo realizado através da eliminação dos criadouros potenciais, da aplicação de larvicidas em depósitos de água para consumo e do uso de inseticidas para eliminar as formas adultas durante os períodos de transmissão (ESMERALDO, 2016).

Os principais inseticidas utilizados nos programas de controle do *Ae. aegypti* são compostos orgânicos pertencentes aos grupos dos organofosforados, carbamatos piretróides e organoclorados (SILVA, 2012). Entretanto, o uso frequente desses inseticidas pode levar ao desenvolvimento de resistência desse mosquito a estes compostos, comprometendo o controle e favorecendo a transmissão de doenças (CARVALHO *et al.*, 2004). Assim o conhecimento e a manipulação dos fatores que podem retardar a evolução da resistência devem ser minuciosamente considerados nos programas de controle de vetores (RESENDE; GAMA, 2006). Compreende-se assim, que o potencial para o aumento da resistência surge como um

questionamento nas discussões práticas sobre a utilidade dos inseticidas nos programas de controle de vetores no Brasil (RESENDE; GAMA, 2006).

Esperamos que os resultados obtidos possam subsidiar decisões técnicas sobre o uso dos inseticidas no Município de Picos e assegurar a maior eficácia do controle do vetor.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar em condições laboratoriais a resistência de populações de larvas e pupas de campo de *Ae. aegypti* do município de Picos, Piauí, ao regulador de crescimento *pyriproxyfen* (Sumilav0,5 G), em recipientes de plásticos e vidro.

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar a susceptibilidade de larvas de terceiro e quarto estágio de *Ae. aegypti* provenientes de coletas de campo no Município de Picos ao inseticida Sumilav®, através de bioensaios;
- Avaliar a eficiência do inseticida Sumilav em larvas de terceiro e quarto estágio de *Ae.aegypti* advindas do campo;
- Determinar a mortalidade de larvas e pupas de *Ae. aegypti* provenientes do município de Picos ao inseticida Sumilav® (*piriproxifeno*).

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 *Aedes aegypti*

O *Ae. aegypti* (Diptera: Culicidae) é um mosquito originário da África, onde existem populações urbanas e silvestres. Originalmente descrito no Egito, o que lhe acarretou seu nome específico, tendo acompanhado o homem em sua permanente migração (BRAGA; VALLE, 2007).

Historicamente, registra-se que o mosquito estabeleceu a mais de 400 anos em ambientes tropicais e subtropicais do mundo, desenvolveu na trajetória evolutiva comportamento estritamente sinantropico (adaptado a viver junto ao homem) sendo reconhecido entre os culicídeos como a espécie mais associada ao homem, disseminando os vírus da dengue e provocando outras doenças (NATAL, 2002).

Essa espécie de mosquito é de grande importância epidemiológica devido ao seu papel como transmissor de várias arboviroses como dengue, chikungunya, febre amarela e zika, que segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) representa um problema global de saúde pública, em virtude de sua crescente dispersão territorial e necessidade de ações preventivas e controle cada vez mais complexas (MANIERO *et al.*, 2016).

O Brasil por ser um país tropical torna-se propício para o desenvolvimento dessa espécie (TEIXEIRA, 2012). Tendo seu habitat diretamente ligado às condições domiciliares ou peridomiciliares ofertadas pelo modo de vida das populações humanas. Fato esse que confere sua ampla dispersão através de seus criadouros como recipientes artificiais, tanto os abandonados pelo homem a céu aberto e preenchidos pelas águas das chuvas, como aqueles utilizados para armazenar água para uso doméstico. Os criadouros artificiais são representados principalmente por pneus, latas, vidros, cacos de garrafa, pratos de vasos e xaxins, no primeiro caso, Já os utilizados para uso doméstico, Caixas d'água, tonéis, latões e cisternas destapadas ou mal tapadas, ou mesmo os lagos artificiais, piscinas e aquários abandonados correspondem aos criadouros mais comuns (CONSOLI; OLIVEIRA, 1994).

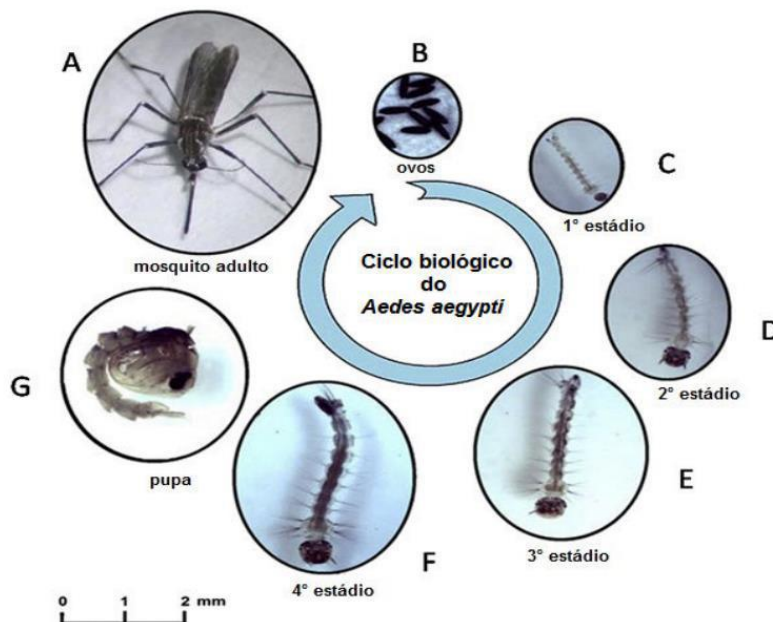
Ae. aegypti ocorre principalmente nos trópicos e subtropicais, com concentrações no norte do Brasil e no sudeste da Ásia, incluindo toda a Índia, mas com relativamente poucas áreas de adequação na Europa (KRAEMER *et al.*, 2015).

O *Ae.aegypti* apresenta características urbanas e alimenta-se de seivas das plantas. Porém, as fêmeas desta espécie são hematófagas, ou seja, alimenta-se de sangue para a maturação dos ovos. Isto faz com que ao consumir o sangue do hospedeiro infectado, ela ingira, microrganismos causadores de doenças fêmeas chegam a depositar entre 150 a 200 ovos (PAIVA, 2013).

3.1.1 Ciclo Biológico do *Aedes aegypti*

Esse culicídeo apresenta duas fases evolutivas: fase larvária ou imatura (fase aquática) e fase adulta ou alada (fase aérea). O *Ae. aegypti* é uma espécie holometabólica (metamorfose completa) (FIGURA 1) que passa por quatro estágios distintos: ovo, larva, pupa e adulto. O estágio de larva acontece em quatro estádios (L1,L2,L3,L4), e o estágio de pupa é o último do ciclo aquático do inseto (NETO, 2011).

Figura 1. Estágios de desenvolvimento do mosquito *Ae. aegypti*.



Fonte: GERIS *et al* (2012).

3.1.2 Ovo

Os ovos dos mosquitos são elípticos ou ovais, muitas vezes com um lado achatado, plano ou mesmo um tanto côncavo, oposto ao lado convexo. De modo geral, quando observados em corte transversal, são de contorno circular ou elíptico. Têm cor branca no momento da oviposição, tornando-se escuros após alguns minutos (FIGURA 2), sendo que os inférteis geralmente não alcançam a tonalidade escura dos férteis (CONSOLI; OLIVEIRA, 1994). São depositados pela fêmea, individualmente, nas paredes internas dos depósitos que servem como criadouros, próximos à superfície da água (FUNASA,2001).

O ciclo inicia quando uma fêmea adulta ovipõe seus ovos nas paredes dos reservatórios com água limpa. Em circunstâncias favoráveis de umidade e temperatura, o desenvolvimento do embrião do mosquito é concluído em 48 horas. Os ovos dos mosquitos são toleráveis a dessecação podem permanecer por mais de um ano em locais secos. Uma fêmea pode dar origem a 1.500 mosquitos durante a sua vida (SAVEERA, 2018). Se a fêmea estiver infectada pelo vírus da dengue quando realizar a postura de ovos, há a possibilidade de as larvas filhas já nascerem com o vírus, no processo chamado de transmissão vertical (FIOCRUZ, 2008).

Figura 2. Ovos de *Ae. aegypti*.



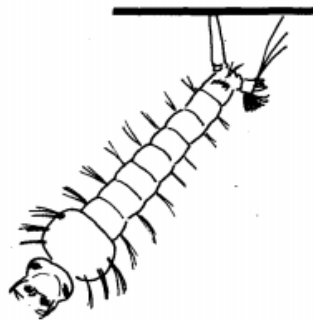
Fonte: Soares (2018).

A capacidade de resistência dos ovos de *Ae. aegypti* à dessecação é um sério obstáculo para sua erradicação. Esta condição permite que os ovos sejam transportados a grandes distâncias, em recipientes secos, tornando-se assim um meio de dispersão do mosquito (FUNASA, 2001).

3.1.3 Larva

Como o *Ae. aegypti* é um inseto holometabólico, a fase larvária é o período de alimentação e crescimento. As larvas passam a maior parte do tempo alimentando-se principalmente de material orgânico acumulado nas paredes e fundo dos depósitos. As larvas possuem quatro estágios evolutivos (L1, L2, L3 e L4), para respirar, a larva vem à superfície, onde fica em posição quase vertical (FIGURA 3). A duração da fase larvária depende da temperatura, disponibilidade de alimento e densidade das larvas no criadouro. Em condições ótimas, o período entre a eclosão e a pupação pode não exceder a cinco dias. Contudo, em baixa temperatura e escassez de alimento, o 4º estágio larvário pode prolongar-se por várias semanas, antes de sua transformação em pupa (FUNASA, 2001).

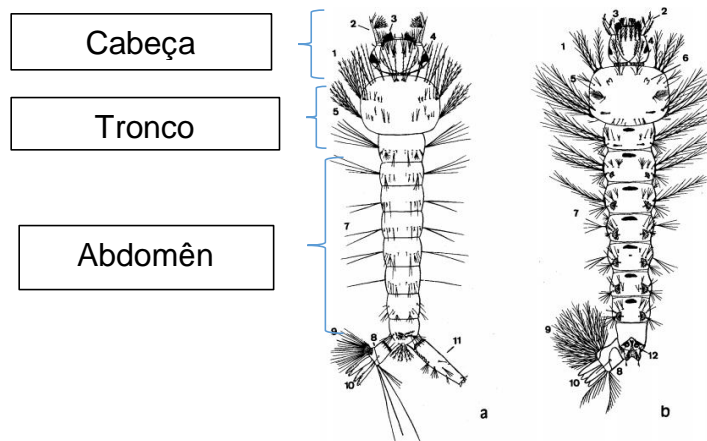
Figura 3. Posição da larva de *Ae. aegypti* quando respirando.



Fonte: Consoli; Oliveira (1994).

A larva é composta por cabeça, tórax e abdômen. O abdômen apresenta oito segmentos, onde o seguimento posterior é o sifão respiratório. O sifão relacionado com a respiração da larva na superfície da água (FIGURA 4) (CONSOLI; OLIVEIRA, 1994; FORRATINI, 2002).

Figura 4. Morfologia externa do *Ae. aegypti*.



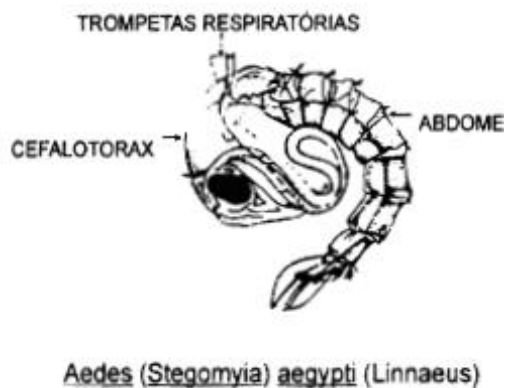
Fonte: Adaptado de Consoli; Oliveira (1994).

3.1.4 Pupa

A pupa corresponde a fase do vetor que não se alimenta. É durante esse processo de desenvolvimento que ocorre a metamorfose do estágio larval para o adulto. Quando inerte se mantém sobre superfície da água, flutuando, o que contribui a emergência do inseto adulto. O estado pupal dura, em torno, de dois a três dias (FUNASA, 2001).

As pupas têm aspecto de vírgula (FIGURA 5). São bastante móveis quando perturbadas, mas estão quase sempre paradas em contato com a superfície da água. A pupa tem um par de tubos respiratórios, que atravessam a água e permitem a respiração. (CONSOLI; OLIVEIRA,1994).

Figura 5. Morfologia externa da pupa de *Ae. aegypti*.



Fonte: Funasa (2001).

3.1.5 Adulto

Na forma de mosquitos adultos, machos e fêmeas, buscam por fontes de carboidratos, adquiridos na alimentação de seivas vegetais, essenciais ao seu metabolismo básico. Além disso, as fêmeas (FIGURA 6) também necessitam de alimentação sanguínea, pois, o repasto sanguíneo das fêmeas fornece proteínas para o desenvolvimento dos ovos. Ocorre quase sempre durante o dia, nas primeiras horas da manhã e ao anoitecer a maturidade sexual é alcançada aproximadamente 24 horas após a passagem para a fase adulta (OLIVEIRA, 2015).

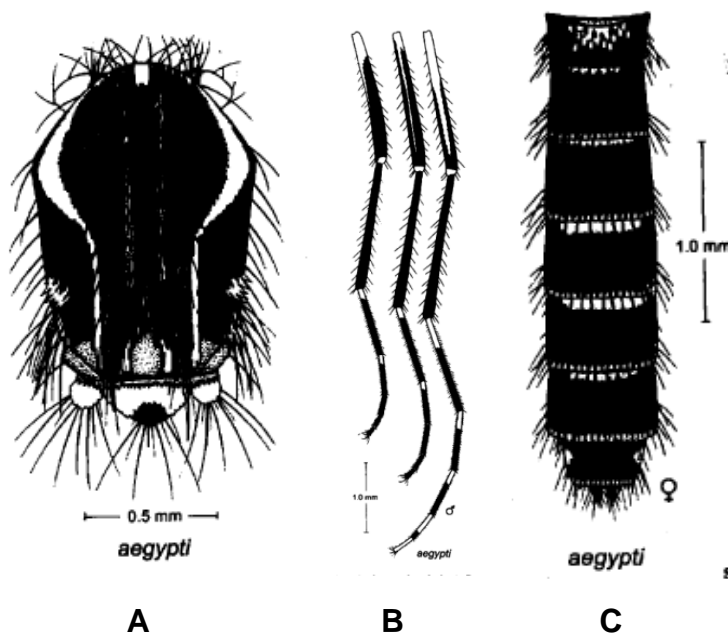
O *Ae. Aegypti* caracteriza-se como um culicídeo que mede menos de um centímetro. Sua identificação é atenuada pelo desenho em forma de lira presente no seu torác especificamente na região dorsal, que pode ser observado a olho nu (FIGURA 7). Apresenta manchas de coloração branca e escura, alternando-se por todo seu corpo, são encontradas na região posterior da cabeça, nos segmentos abdominais, onde as manchas brancas formam cintos junto à base de cada uma das patas, que apresentam anéis brancos contrastando com a sua cor escura (ARAUJO, 2011).

Figura 6. Fêmea adulta do mosquito *Ae. aegypti*.



Fonte: Martins (2017).

Figura 7. Esquema do escudo, patas e abdômen de *Ae. aegypti*.



Fonte: Huang (2004).

Legenda: **A** – escudo; **B** – patas; **C**- abdômen; de *Ae. aegypti* mostrando a localização das escamas brancas.

3.2. ARBOVIROSES TRANSMITIDAS POR *AEDES AEGYPTI*

3.2.1 Arboviroses

Segundo Guedes (2012), é possível que uma variedade de patógenos seja incorporada na natureza por meio de ciclos de transmissão que envolve o hospedeiro humano e um inseto hematófago. Geralmente, o patógeno exerce pouco ou nenhum efeito sobre os insetos, entretanto, a transmissão no hospedeiro humano pode ocasionar altas taxas de morbidade e mortalidade. Dentre esses patógenos o ciclo de transmissão do vírus da dengue, como de outros é feita exclusivamente pela picada de fêmeas adultas dos mosquitos, que entram em contato com o vírus no momento do repasto sanguíneo (OLMO, 2015).

A hematofagia ou o hábito de se alimentar de sangue é uma condição necessária de algumas fêmeas artrópodes (transmissoras de arboviroses) para a maturação dos ovos, característica essa que envolve diferentes formas de transmissão de vírus como: a transmissão transversal, a transovariana e a venéria

(GUEDES, 2012). Ademais o período de transmissão de uma doença por vírus ocorre em dois ciclos: o ciclo intrínseco no homem, e o extrínseco no vetor (ARAUJO, 2011).

Ainda sobre a transmissão (CONSOLI; OLIVEIRA, 1994, FORANTTINI; CANTUARIA, 2012) descreve:

As fêmeas normalmente já copuladas pousam sobre o hospedeiro vertebrado, que podem ser aves, mamíferos ou répteis, selecionam o local da picada por meio de órgãos sensoriais e com o aparato bucal do tipo picador-sugador se alimentam do sangue do hospedeiro, podendo ocorrer no momento da picada uma possível contaminação, já que a saliva do mosquito é inoculada no hospedeiro.

3.2.2 Dengue

Dentre as arboviroses, a dengue se tornou ao longo dos anos um grande problema de saúde pública no mundo e atinge frequentemente os países de clima tropicais, que forma condições ideais para proliferação desse vetor (SILVA; MARIANO; SCOPEL, 2008). Nesse contexto é caracterizada como virose, cujo agente etiológico possui quatro sorotipos distintos, pertencentes ao gênero flavivirus e a família Flaviviridae: DEN-1, DEN-2, DEN-3, DEN-4, podendo se manifestar de duas maneiras a dengue clássica e hemorrágica (GUEDES, 2012).

A doença causada pelo vírus da dengue disseminou uma das principais doenças emergentes a nível global, sendo considerada uma epidemia presente em mais de 120 países (NUNES, 2011).

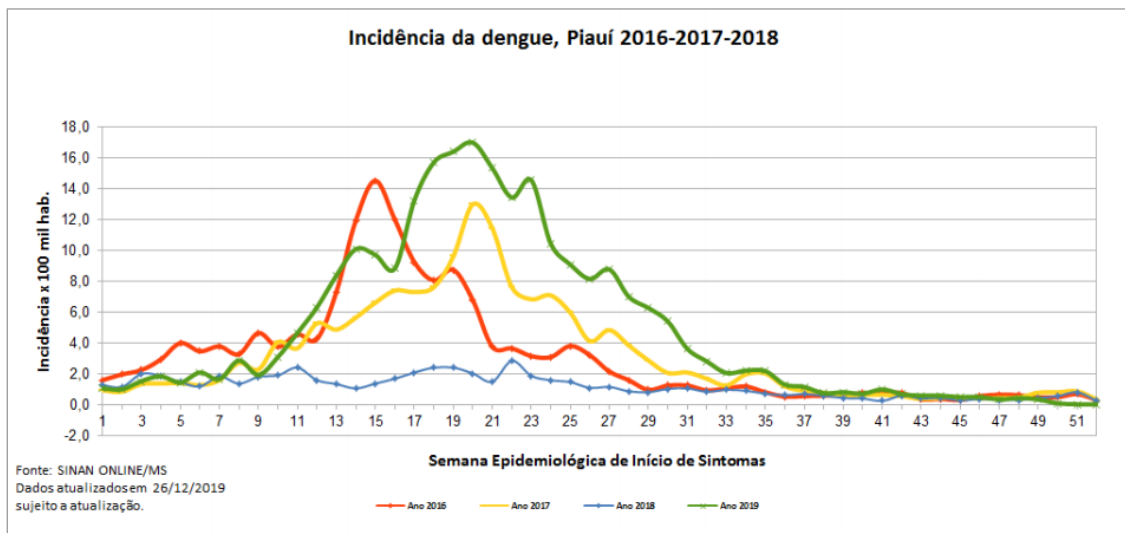
Os primeiros surtos de epidemia de dengue pelo vetor *Ae. aegypti* no Brasil datam de 1846, inicialmente no Estado do Rio de Janeiro que resultou em uma rápida disseminação do vírus pelo país ocasionando epidemias por diversos estados (POLONI, 2013). Podendo elucidar o fato de ser um país tropical, em razão do clima quente e úmido sendo propício para desenvolvimento da doença (SILVA; MARIANO; ESCOPEL, 2008).

É relevante ressaltar que o Brasil no século 21 passou a ocupar a primeira posição no ranking mundial em relatos de casos da dengue, com uma incidência variando de 63,2 em 2004 para 429,9 casos em 2010 por 100.000 habitantes, e está entre os dez países com maior risco para esta doença (TEIXEIRA, 2012 *apud* BRITO, 2015).

Nesse sentido, na região Nordeste do Brasil, incluindo o Estado do Piauí, a dengue é considerada um sério problema de saúde pública desde a década de 90

(EVANGELISTA; OLIVEIRA; GONÇALVES, 2012). Em pesquisa realizadas no Piauí entre os anos de 2002 a 2006 foram registrados 11.003 casos de dengue na capital Teresina, deixando o estado em alerta contra a doença (MONTEIRO *et al.*, 2009). No entanto, O Piauí teve uma redução de 2,1% dos casos de dengue em 2017, quando comparados a 2016. Em 2017 foram 5.091 casos notificados, em 129 municípios; em 2016, foram 5.200, em 129 municípios (SESAPI, 2017). O boletim da 17ª Semana Epidemiológica de 2019 aponta um aumento de 60,6% dos casos dengue em relação ao mesmo período em 2018 (FIGURA 8), foram 1.384 casos prováveis em 82 municípios registrados no ano de 2019 em comparação à 862 casos notificados em 52 municípios de 2018 (SESAPI, 2019). No entanto, em 2020 os casos de dengue no Estado diminuiu em 73% (FIGURA 9).

Figura 8. Níveis de incidência da dengue no Piauí.



Fonte: Sesapi (2019).

Figura 9. Monitoramento dos casos de dengue no Piauí.

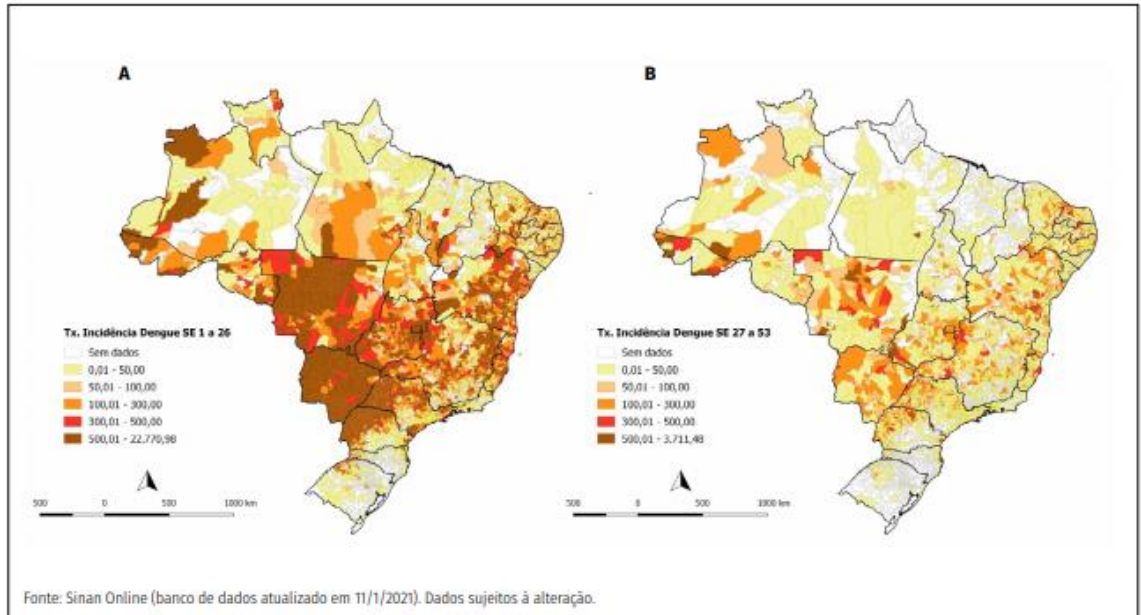
Ano	Nº de municípios com notificação	Nº de casos prováveis*	Incidência do Estado / 100 mil hab.	Nº de casos confirmados	Nº de municípios com alta incidência	Nº de municípios com média incidência	Nº de municípios com baixa incidência
2019	170	8.015	253,0	6.762	34	47	89
2020	118	2.198	68,6	1.853	13	18	87

Fonte: Sesapi (2020).

Segundo o ministério de saúde (2021) No ano de 2020 foram notificados 987.173 casos prováveis (taxa de incidência de 469,8 casos por 100 mil habitantes) de dengue no país (FIGURA 10). Nesse período, a região Centro-Oeste apresentou a

maior incidência com 1.212,1 casos/100 mil hab., seguida das regiões Sul (940,0 casos/100 mil hab.), Sudeste (379,4 casos/100 mil hab.), Nordeste (263,8 casos/100 mil hab.) e Norte (119,5 casos/100 mil hab.).

Figura 10. Distribuição da taxa de incidência de dengue por município, 2020.



Fonte: Ministério da Saúde (2021).

3.2.3 Chikungunya

Em relação as arboviroses acometidas pelo *Ae.aegypti* a chikungunya é uma arbovirose causada pelo vírus CHIKV, pertencente a família Togaviridae e do gênero *Alphavirus*. A transmissão se dá através da picada de fêmeas dos mosquitos *Ae. Aegypti* e *Ae. albopictus* infectadas pelo CHIKV (MS, 2017).

O significado de chikungunya vem da língua africana makonde que significa “aquele que é contorcido”, devido à forte dor nas articulações provocada pela artrite que caracteriza a doença (TAUIL, 2014).

O CHIKV é originário da África, onde circula em complexos ciclos silvestres envolvendo vetores do gênero *Aedes* e primatas não humanos. A primeira emergência documentada do CHIKV ocorreu com sua introdução no sudeste asiático e na Índia, em um ciclo raro de transmissão urbano que continua até hoje, onde o *Ae. aegypti* é o principal responsável pela transmissão. No Brasil, foi detectada a presença desse vírus em setembro de 2014, na cidade de Oiapoque (Amapá) (HONÓRIO, 2015).

De acordo com o Boletim Epidemiológico do Ministério da Saúde de 2014, foram notificados 3.657 casos da CHIKV. Um total de 2.772 casos foi confirmado, sendo 140 por exames laboratoriais e 2.632 por critério clínico-epidemiológico, onde foram avaliados os sinais e sintomas típicos da doença. Destes, 477 continuaram em investigação e 408 foram descartados (ALIANCE, 2016).

Segundo o Ministério da Saúde (2021) sobre os casos de chikungunya, foram notificados 7.778 casos prováveis (taxa de incidência de 3,7 casos por 100 mil hab) no país. A região Nordeste apresentou a maior incidência com 6,1 casos/100 mil hab, seguida das regiões Sudeste (4,1 casos/100 mil hab) e Norte (1,9 casos/100 mil hab). No Estado do Piauí em 2020 teve uma redução de 79,2% em relação ao mesmo período de 2019 (FIGURA 11) (SESAPI, 2020).

Figura 11. Monitoramento dos casos de Chikungunya no Piauí.

Ano	Nº de municípios com notificação	Nº de casos prováveis	Incidência do Estado / 100 mil hab.	Nº de casos confirmados	Nº de municípios com alta incidência	Nº de municípios com média incidência	Nº de municípios com baixa incidência
2019	47	884	27,6	801	0	02	45
2020	21	184	5,7	161	0	0	21

Fonte: Sesapi (2020).

3.2.4 Zika

O vírus Zika (ZIKV) é um flavivírus transmitido pela picada de mosquitos do gênero *Aedes* principalmente o *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus*. Apresentando sintomas como febre ligeira, erupções cutâneas, conjuntivite, com período normalmente de dois a sete dias (WHO, 2016).

Em 20 de abril de 1947 foi identificado pela primeira vez o vírus ZIKV, na floresta Zika (surgimento do nome do vírus), localizada em Uganda, na África, em um macaco do gênero *Rhesus* (VASCONCELO, 2015). Em 1952 foi encontrado em seres humanos, em Uganda e na Tanzânia, como também em 1968 na Nigéria, onde foi confirmado em amostras biológicas de humanos (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

No começo de 2015, um surto do vírus zika foi identificado no nordeste do Brasil, em setembro do mesmo ano, relatos de um aumento do número de crianças nascidas com microcefalia em áreas afetadas pelo vírus (ZIKV) começaram a surgir, relatando uma associação entre o vírus e tal doença (FACCINI *et al.*, 2016). A Microcefalia é uma doença neurológica, que ocasiona em crianças o surgimento da

diminuição do tamanho da cabeça significativamente abaixo da média, quando comparada a crianças da mesma idade e do mesmo sexo (SÁ, 2013).

Como mencionado o zika adentra ao Brasil em 2015, com notificações de 91.387 prováveis casos, decorrentes dos anos de 2015/2016, sendo dos quais 31.616 casos foram confirmados (GROCHOCKI, 2016). De acordo com o Ministério da Saúde, das principais arboviroses que circulam no Brasil, a zika tem sido a com menor número de casos em 2020, onde foram notificados 3.692 casos prováveis (TOURINHO, 2020).

Os casos de Zika no Estado do Piauí em 2020 teve uma redução de 76,9% em relação ao mesmo período de 2019 (FIGURA 12) (SESAPI,2020).

Figura 12. Monitoramento dos casos de Zika no Piauí.

Ano	Nº de municípios com notificação	Nº de casos prováveis	Incidência do Estado / 100 mil hab.	Nº de casos confirmados	Nº de municípios com alta incidência	Nº de municípios com média incidência	Nº de municípios com baixa incidência
2019	20	52	1,6	42	0	01	22
2020	5	12	0,4	05	0	0	6

Fonte: Sesapi (2020).

3.2.5 Febre Amarela

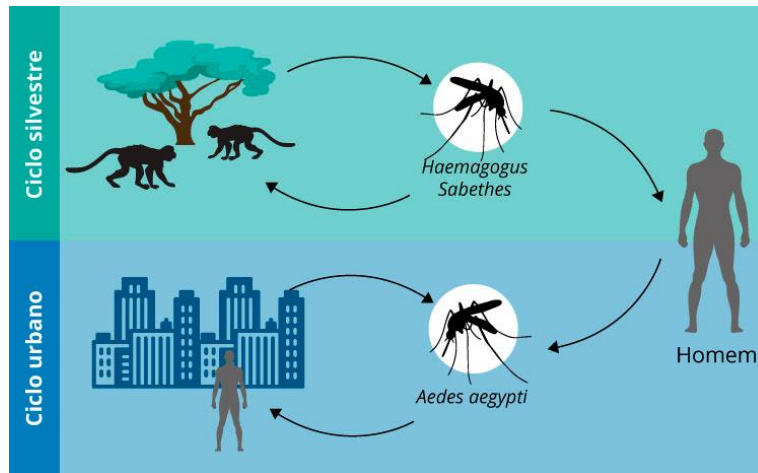
A febre amarela é uma doença hemorrágica viral aguda, sendo endêmica nas zonas tropicais da África e na América Central e do Sul. Uma vez adquirido, o vírus da febre amarela mantém-se em incubação no corpo durante 3 a 6 dias, dessa forma, a prevenção dessa arbovirose é feita através da vacinação sendo o meio mais importante para evitar tal doença (WHO, 2016).

A doença foi responsável por grande número de óbitos entre o século XVIII e o início do século XX. A identificação do *Ae. aegypti* como transmissor do vírus, em 1900, foi seguida por ações de controle que resultaram em significativo declínio da doença (MS, 2018).

A febre amarela, pode se manifestar de duas formas: Febre Amarela Silvestre e Febre Amarela Urbana (FIGURA 13). A forma silvestre é veiculada na floresta por mosquitos silvestres que picam animais, especialmente macacos, transmitindo a enfermidade entre eles, a partir do momento que o homem adentra florestas ele se torna susceptível a picada por esses vetores, tornando-se um hospedeiro acidental.

Por outro lado, a forma urbana da febre amarela é veiculada dentro das cidades e vilas, de homem para homem, pelo *Ae. Aegypti* (CONSOLI; OLIVEIRA, 1994).

Figura 13. Ciclos epidemiológicos (silvestre e urbano) da febre amarela no Brasil.



Fonte: Ministério da Saúde (2018).

A introdução da vacina contra a febre amarela no País em 1937, o intenso controle e a imunização em massa na década seguinte levaram à eliminação da doença nas áreas urbanas no Brasil (MS, 2018). No entanto no ano de 2018, colocou o Brasil em alerta novamente contra esse vírus, foram registrados no período de julho de 2017 a janeiro de 2018, 213 casos confirmados de febre amarela no País, sendo que 81 vieram a óbito. Ao todo foram notificados 1.080 prováveis casos, onde 432 descartados e 435 em investigação, relacionável a esse período (MS, 2018).

Durante o monitoramento 2019/2020, foram notificados 327 casos humanos suspeitos, de todas as regiões do país, dos quais 51 (15,6%) permanecem em investigação. Apenas um caso humano, que veio a óbito, foi confirmado no período, ocorrido no Pará em julho/2019 Trata-se de um indivíduo do sexo masculino e com 51 anos, que residia numa comunidade indígena de Santarém (MS, 2020).

3.3 Estratégias de Controle ao *Aedes aegypti*

Práticas para controle de insetos são muito antigas, no final do século XIX, descobriu-se que certas espécies de insetos eram responsáveis pela transmissão de algumas doenças. Vacinas ou medicamentos contra a maioria dessas enfermidades,

ainda não estavam disponíveis, assim para diminuir a transmissão, o controle era fortemente centralizado no combate ao vetor (BRAGA; VALLE, 2007).

O *Ae.aegypti* apresenta grande capacidade adaptativa, que permitiram que se tornasse abundante em meio urbano, convivendo assim com o homem, sendo facilmente transportado através de meios de transporte, o que aumentou sua competência vetorial, ou seja, a sua habilidade em tornar-se infectado por um vírus, replicá-lo e transmiti-lo, tornando-se responsáveis por vários surtos de arboviroses (ZARA *et al.*, 2016).

A OMS estabeleceu várias estratégias para o controle de populações de *Ae.aegypti*, como a utilização de inseticidas químicos e biológicos aptos para eliminar formas larvais (larvicidas) e insetos adultos (adulticidas) (ZARA *et al.*, 2016). Segundo o Programa Nacional de Controle da Dengue (PNCD), estabelecido em 2002, a principal estratégia de prevenção do mosquito *Ae. aegypti* é o controle vetorial, voltado às ações como na aplicação de inseticidas, mutirões de limpeza e estímulo ao envolvimento da população por meio de campanhas de educação e mobilização (FRANÇA, 2017).

No Brasil, os Agentes Comunitários de Saúde (ACS) e Agentes de Combate a Endemias (ACE), em parceria com a população, são responsáveis por promover o controle de vetores transmissores de doenças, cujas intervenções são centradas em localizar, destruir ou destinar de forma adequada reservatórios naturais ou artificiais de água que possam servir de depósito para os ovos do *Ae. aegypti*. Outros tipos de controle bastante utilizados e de maneira interligada nas campanhas de combate ao mosquito são o controle biológico, químico e mecânico. (ZARA *et al.*, 2016).

A utilização de predadores ou patógenos com potencial para reduzir a população vetorial, faz parte do controle Biológico. Os peixes e os invertebrados marinhos são alternativas disponíveis de predadores de vetores, a sua ação relaciona-se em comer as larvas e pupas, além disso, outros patógenos liberam toxinas, como bactérias, fungos e parasitas, eliminando esses vetores (ZARA *et al.*, 2016). O *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti), é um bacilo com potente atividade larvicida. Esse larvicida biológico revelou sua eficácia no controle do *Ae. aegypti*. Assim, sua ação é voltada na produção de endotoxinas proteicas que, quando ingeridas pelas larvas, provoca sua morte (BRASIL, 2009).

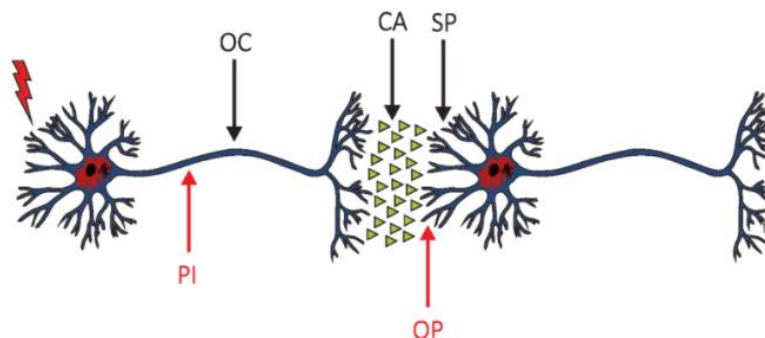
3.4 Controle Químico

O uso de inseticidas de origem orgânica ou inorgânica, é uma das formas mais utilizadas como controle de larvicida e adulticida, fazendo parte do manejo sustentável e integrado para o controle de vetores em Saúde Pública (BRAGA; VALLE, 2007).

Nesse sentido os principais compostos químicos utilizado em controle de vetores são os organosintéticos como: organofosforados, organoclorados, piretróides e os carbamatos. Os reguladores de crescimento ((IGRs) como o pyriproxyfen também se enquadram nesta categoria de controle, ambos são considerados como neurotóxicos (ESMERALDO, 2016).

A neurotoxicidade pode ser definida como qualquer efeito no sistema nervoso central ou periférico causado por agentes químicos, biológicos ou físicos (COSTA, 2008). De maneira geral os inseticidas neurotóxicos podem atuar na transmissão conhecida como axônica, enquanto outros, na transmissão sináptica (FIGURA 14), o efeito final da ação desses inseticidas é a hiperativação de neurônios e músculos, como fadiga, paralisia e morte (CASIDA; DURKIN, 2013).

Figura 14. Representação esquemática de dois neurônios, com indicação das classes de inseticidas neurotóxicos que atuam na transmissão axônica (OC, PI) e na transmissão sináptica (CA, OP, SP).



OC : Organoclorados

PI: Piretróides

CA: Carbamatos

OP: Organofosforados

SP: Espinosinas

Fonte: Valle; Pimenta; Cunha (2015).

O uso de inseticidas para controle de populações de mosquitos adultos pode ser feito por meio do tratamento focal e perifocal e da aspersão aeroespacial (ZARA *et al.*, 2016).

Assim, Segundo Macoris (2002):

Tratamento Focal: consiste no tratamento de recipientes contendo água que se constituem focos pela presença de larvas de culicídeos no seu interior e/ou em recipientes com condições para se tornarem focos. O produto geralmente utilizado é um larvicida organofosforado à base de temefós. Tratamento Perifocal: aplicação de inseticida de efeito residual sobre superfícies internas e externas de recipientes e ao redor destes, em especial, em locais de acúmulo de potenciais criadouros. Os produtos que podem ser utilizados são do grupo dos organofosforados como malathion e fenitrothion ou do grupo dos piretróides como cipermetrina. Nebulização: Tratamento ambiental de inseticida, através de máquinas acopladas a viaturas ou portáteis (tipo moto-mochila). O alvo desta aplicação é o inseto adulto, e esta técnica é geralmente usada com objetivo de matar fêmeas contaminadas, em áreas de transmissão ou de circulação de vírus.

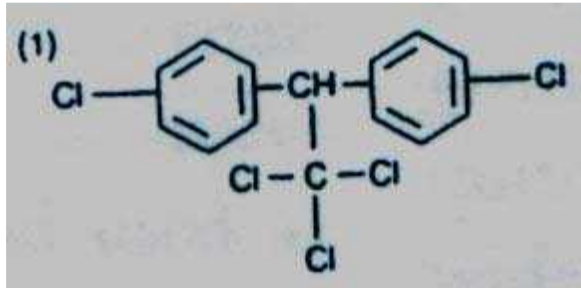
3.5 Inseticidas utilizados no controle do *Aedes aegypti*

3.5.1 Organoclorados (OC)

Os organoclorados são inseticidas que contêm carbono, hidrogênio e cloro. São classificados em quatro grupos: hexaclorociclohexanos; difenil-alifáticos; ciclodienos; e policloroterpenos. São bastante lipofílicos e altamente resistentes aos mecanismos de decomposição dos sistemas biológicos, o que faz com que permaneçam no meio ambiente, sendo os compostos mais persistentes já fabricados (VALLE; BRAGA, 2007).

O difenil-alifáticos, destaca-se no controle de vetores em Saúde Pública, sendo o DDT seu principal representante (FIGURA 15). Estes inseticidas atuam nos canais de sódio da membrana dos axônios, mantendo-os abertos, o que elimina o equilíbrio de íons sódio e potássio e, por consequência, impede a transmissão normal do impulso nervoso em insetos. Com isso, ocorrem impulsos nervosos de forma contínua, provocando contração muscular, convulsão, paralisia e morte (COSTA, 2008).

Figura 15. Estrutura molecular do DDT.



Fonte: Becker *et al* (2003).

Os organoclorados, embora tenham sido largamente adotados pelos programas de controle de vetores, tiveram seu uso descontinuado e chegaram, inclusive, a ser proibidos em vários países, inclusive no Brasil, devido a sua difícil degradação, persistindo por muito tempo no ambiente e ao acúmulo em tecido do organismo de animais e de humanos, causando grandes mudanças ecológicas, e problemas de saúde (FIORES *et al.*, 2004). Apesar disso, atualmente, o DDT ainda é indicado pela OMS para o controle de vetores da malária (VALLE; BRAGA, 2007).

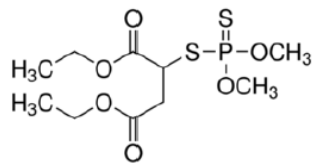
3.5.2 Organofosforados (OP)

Organofosforado inclui todos os inseticidas que apresentam fósforo em sua composição (FIGURA 16). No grupo dos organofosforados, clássica-se os inseticidas em três subgrupos: os alifáticos, os derivados de fenil e os heterocíclicos. Por possuírem baixa persistência, foram bastante utilizados como método alternativo aos persistentes organoclorados, particularmente o DDT. (VALLE; BRAGA, 2007).

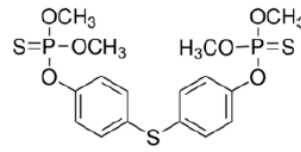
Esta classe de inseticidas é conhecida por produzir grande acúmulo da acetilcolina (ACh) nas terminações nervosas. Os compostos desse grupo atuam inibindo de forma irreversível a ação da enzima AChE, pela sua fosforilação, não permitindo a metabolização do neurotransmissor acetilcolina em colina. A inibição dessa enzima causa a acumulação do neurotransmissor acetilcolina nas junções das terminações nervosas, o que leva a rápidos espasmos musculares, paralisção e morte do inseto (BECKER *et al.*, 2010). Um importante OF para a Saúde Pública é o temefós, considerado o larvicida mais utilizado no mundo contra o *Ae. aegypti* (GEORGE *et al.*, 2015).

Figura 16. Fórmulas estruturais do inseticida Orgnofosforado.

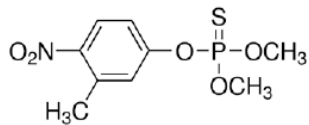
Organofosforado



Malationa



Temefós



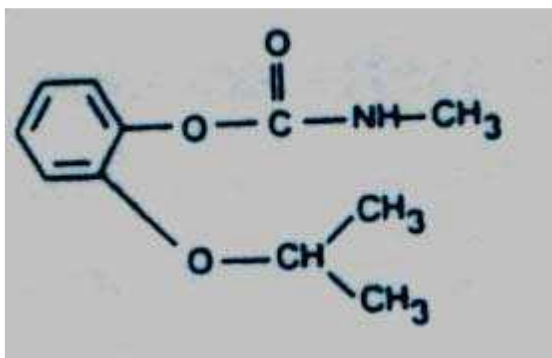
Fenitrotiona

Fonte: Moreira (2018).

3.5.3 Carbamatos (CA)

Os carbamatos são inseticidas derivados do ácido carbônico, tendo o Propoxur (FIGURA 17) como o inseticida mais comum entre os carbamatos. Sua comercialização teve início por volta dos anos 1960. Possuem um amplo espectro de atividade inseticida, agindo por contato ou nas paredes do estômago, e seu uso é efetivo em populações resistentes aos organoclorados e organofosforados (PAIVA, 2006).

Figura 17. Estrutura molecular do Propoxur.



Fonte: Becker *et al* (2003).

Os CA's possuem efeito residual limitado como OF e de ação letal rápida. Atualmente, no Brasil, o bendiocarbe é o CA de ação residual utilizado pelo PNCD para o controle perifocal (MOREIRA, 2018).

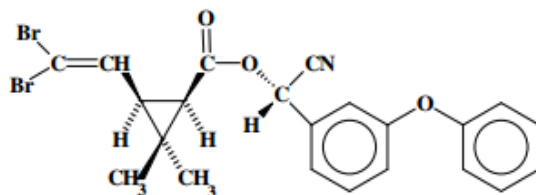
3.5.4 Piretróides (PI)

Os piretróides são caracterizados por serem biodegradáveis, não acumulativos e apresentarem baixa toxicidade para os mamíferos. Para os animais aquáticos, entretanto, são extremamente tóxicos (BRAGA; VALLE, 2007; ROCHA, 2014).

Vetores quando tratados com piretróides apresentam um quadro de descoordenação e paralisia. Os sintomas exatos nos insetos vão depender da dose utilizada (HEMINGWAY *et al.*, 2004).

Os piretróides, agem sob a membrana dos neurônios afetando o mecanismo da bomba de sódio e potássio impedindo assim a transmissão dos impulsos nervosos, levando o inseto a uma morte rápida (FUNASA, 2001). A deltametrina (FIGURA 18) e a cipermetrina são componentes usados no controle de vetores transmissores de enfermidades como a dengue e a malária (BECKER *et al.*, 2010).

Figura 18. Estrutura molecular do piretróide deltametrina.



Fonte: Rocha (2014).

3.5.5 IGR - Reguladores de crescimento de insetos (Insect Growth Regulator)

Em 1917, foi demonstrado que a metamorfose nos insetos é controlado por hormônios, produzidos pelo cérebro. Dentre esses hormônios o hormônio *juvenil* (J.H), é bastante utilizado em controles de *Ae. aegypti*. O H.J está envolvido na regulação da passagem de uma fase do inseto à outra. Na presença de maior quantidade desse hormônio haverá a inibição da metamorfose. Tendo em conta as funções que H.J desempenha nos insetos, foram desenvolvidos compostos análogos ao H.J usados no controle de insetos, como são exemplos do *metoprene*, introduzido em 1973; do *fenoxycarb*, introduzido em 1981 e do *pyriproxyfen*, introduzido em 1984 (OBERLANDER; SILHACEK, 2000).

Os processos envolvidos na muda dos insetos e a descoberta de que aplicação do hormônio juvenil e de seus análogos poderia interferir no desenvolvimento no ciclo de vida dos mesmo e até eliminá-los, acabou resultando no surgimento dos Reguladores de Crescimento de Insetos (IGR). Assim, pertencem a uma classe de agentes controladores que diferem amplamente dos inseticidas convencionais por atuarem provocando mudanças morfofisiológicas durante o processo de desenvolvimento e metamorfose do inseto, além de induzirem efeitos morfogenéticos que podem resultar em completa inibição da emergência de adultos. Tornando uma medida alternativa no controle de vetores como *Ae. aegypti* (NETO, 2011).

Os IGR têm como alvo outros órgãos que não os do sistema neural e, devido a sua atuação em sistemas específicos dos insetos, são caracterizados como produtos seletivos, apresentando-se como alternativa em programas de controle de vetores e no manejo de resistência a inseticidas convencionais. Ademais possuem lenta evolução de resistência aos inseticidas convencionais (GRAF, 1993).

Diferentes compostos, pertencentes a classe dos IGR, podem apresentar distintos mecanismos de inibição ao desenvolvimento do inseto e, dessa forma, é necessária aplicação adequada do composto de acordo com o estágio do ciclo de vida do organismo alvo, os principais IGRs são os análogos ao hormônio juvenil, os inibidores da síntese de quitina (GRAF, 1993).

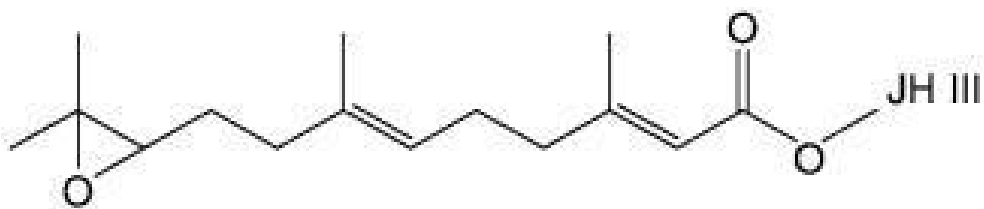
Os insetos sofrem muda desde o estágio embrionário, e o processo de muda continua conforme estágios larval, pupal e adulto em insetos holometábolos, e ninfas instares e adultos e insetos hemimetábolos. Durante a fase larval dos mosquitos, o exoesqueleto que recobre o animal é composto por uma cutícula, constituída predominantemente por quitina, que atua como uma interface entre o organismo e o ambiente, protegendo o corpo da larva contra desidratação, infecção pela microbiota e contra outros possíveis danos físicos. Com isso a quitina é um dos principais componentes da cutícula dos insetos (SUBRAMANIAN; SHANKARGANESH, 2016).

Os inibidores de quitina atuam interferindo no processo de biossíntese da mesma, que é um polímero constituído de *N*-acetilglicosamina, necessário para a formação do exoesqueleto dos invertebrados, ocasionando acidentes de muda e a não eclosão de larvas (MERZENDORFER, 2013). Esses inibidores afetam a produção química da camada interna do inseto, causando desta forma a morte pela incapacidade de gerar uma nova cutícula adequadamente (ESMERALDO, 2016)

O hormônio juvenil é conhecido por sua ação sobre diversos aspectos funcionais da metamorfose, como regulado de muda de insetos, na reprodução e no comportamento dos insetos (NORIEGA, 2004).

A estrutura do hormônio juvenil caracteriza como um composto terpenoide, mais especificamente um sesquiterpeno (FIGURA 19). São hidrocarbonetos de fórmula química C₁₅H₂₄, formados por três unidades isopreno (PESSOA, 2018).

Figura 19. Estrutura química do hormônio juvenil natural mais comum entre os insetos.



Fonte: Becker (2003).

Os neuro-hormônios ou neuro-peptídeos, ecdisteróides ou hormônios de muda e os hormônios juvenis, são os principais hormônios envolvidos no desenvolvimento, metamorfose e reprodução em insetos são (HOFFMANN; LORENZ, 1998).

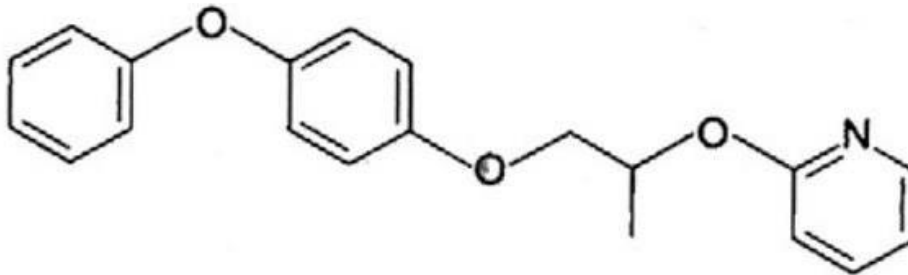
O hormônio juvenil (H.J), age impedindo o desenvolvimento de características adultas, promovendo o acúmulo de nutrientes durante a fase larvária (RIDDIFORD, 2012).

O *pyriproxyfen* é um inseticida que imita os hormônios juvenis dos insetos. Esse larvicida pertence ao grupo químico éter piridiloxipropílico tendo como mecanismo de ação a inibição do desenvolvimento das características adultas do inseto o assegurando com aspecto "imaturo" (ninfá ou larva) (ESMERALDO, 2016).

Esse regulador de crescimento é considerado como um forte análogo do hormônio juvenil comercializado. Sendo utilizado como inseticida contra mosquitos, baratas, pulgas, pragas da saúde pública como moscas domésticas (OMS, 2001).

A molécula que compõe o *Pyriproxyfen* (FIGURA 20), apresenta certa estabilidade o que as tornam concorrente em relação ao hormônio Juvenil natural dos insetos, garantindo ligação aos receptores do hormônio, cesando de modo o desenvolvimentonatural do organismo (SULIVAN; GHO, 2008).

Figura 20. Estrutura química do *Pyriproxyfen*.



Fonte: Moura (2019).

Sua formulação comercial pode ser encontrada na forma líquida ou sólida (granulada), e é utilizado principalmente no tratamento de criadouros de insetos de importância epidemiológica como mosquitos, que possuem parte do seu desenvolvimento em ambientes aquáticos. No entanto, diferente dos compostos que inibem a síntese de quitina, a aplicação do *Pyriproxyfen* é recomendada para os últimos estádios larvais, uma vez que estes passam a exibir a redução dos títulos de H.J e o larvicida age nesse momento (TASSOU; SCHULZ, 2012).

O *pyriproxyfen* 0,5G para controle veorial tem recomendação do WHO Pesticide Evaluation Scheme-(WHOPES) para ser utilizado como larvicida. Aplicação desse composto no Brasil é comercializado como Sumilarv 0,5G®, sendo este um formulado granulado em areia de origem vulcânica, produzido pela Sumitomo Chemical Brasil® (MS, 2017).

3.6 Resistência a Inseticidas

Resistência é definida como o desenvolvimento da capacidade de uma determinada linhagem de um organismo em tolerar diferentes doses de agentes tóxicos, que seriam letais para a maioria da população da mesma espécie (PAIVA,2013).

Tanto na agricultura e agropecuária quanto na área da Saúde Pública, inseticidas são bastantes utilizados. Com isso, o uso frequente tem ocasionado o aparecimento de populações resistentes e acarretando problemas para o controle vetorial. Resistência tem sido observada para todas as classes de inseticidas,

afetando, direta e profundamente, a re-emergência das doenças transmitidas por vetores (BRAGA; VALLE, 2007).

Desse modo o número de casos de resistência aos inseticidas está aumentando em países do Sul, Ásia, Caribe e Américas. No Brasil, carência no controle do *Ae. aegypti* provocadas por falhas operacionais das campanhas de prevenção, como também pela existência de populações resistentes de *Ae. aegypti* ao controle químico, tem demonstrado a necessidade da realização de investigações e monitoramento da resistência para um melhor combate efetivo. Além disso, estudos referentes à resistência do *Ae. aegypti* a inseticidas foram conduzidos no Estado da Paraíba, tendo o regulado de crescimento *pyriproxyfen* como estudo, onde confirmou o grau de resistência de *Ae. Aegypti* a esse inseticida e a necessidade de substituição do mesmo, bem como um programa de gerenciamento de resistência (MORAIS *et al.*, 2017).

Ademais, trabalho realizado no Ceará em 2006 demonstrou que as populações de mosquitos estudadas apresentaram resistência ao temefós (inseticida larvicida) (NETO, 2011).

Assim, deve-se buscar desenvolver e utilizar inseticidas menos agressivos à saúde humana e ao meio ambiente, sendo mais específicos e que não induzam resistência nas espécies alvos (NETO, 2011).

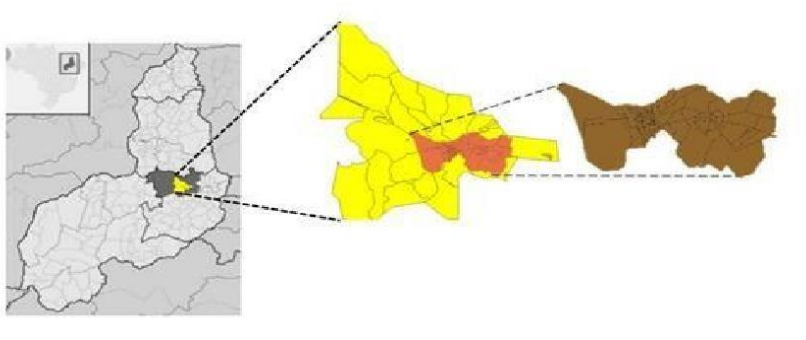
Resistência correlaciona com mutações em genes que podem afetar as características fisiológicas ou comportamentais dos insetos. Isto implica que estas mudanças podem ocasionar mudanças no comportamento de vetores, levando-o a evitar o contato com os sítios tratados com o inseticida, podem aumentar também sua capacidade de eliminar o composto de seu organismo, causar alteração do sítio de ligação/ação do inseticida ou reduzir sua penetração por alteração na cutícula (ARAUJO, 2013).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

A pesquisa foi realizada no município de Picos (FIGURA 21), na região centro Sul do Piauí, distante 320Km da capital Teresina. Possui uma área de 677,304 Km² com uma população de aproximadamente 76.544 mil habitantes (IBGE, 2016).

Figura 21. Área de estudo, território do município de Picos-PI.



Fonte: IBGE.

4.2 Amostra

As larvas de *Ae. aegypti* foram coletadas em armadilhas do tipo larvitrapa instaladas no intra, peridomicílio e terrenos baldios da cidade de Picos. Após a coleta, as formas imaturas foram levadas para o laboratório de Parasitologia Ecologia e Doenças Negligenciadas- LAPEDONE da UFPI-CSHNB, as mesmas foram gentilmente cedidas pela professora Dra. Ana Carolina Landin Pacheco para a realização dos bioensaios de susceptibilidade.

As larvas eram fornecidas em 1º estágio e mantidas em condições de laboratório, onde eram identificadas, armazenadas em bandejas e alimentadas com ração de tartaruga até atingirem o 3º e 4º estágio necessários para a realização dos bioensaios. É importante que a população de larvas fossem homogêneas, ou seja, de 3º e 4º, era observado o desenvolvimento dessas larvas até chegarem nessa fase.

4.3 Inseticida

O *pyriproxyfen* (Sumilav 0,5 G) foi generosamente cedido pelo centro de controle de zoonoses(ccz) da cidade de Picos-PI. Esse inseticida é fornecido periodicamente pelo MS aos estados e municípios. Foi utilizada a dose sugerida pelo fabricante, 2 ppm de ingrediente ativo.

4.4 Preparação da concentração

A eficácia do regulador de crescimento (IGR), pyriproxyfen (Sumilarv 0,5% G) foi avaliada em dois tipos de recipientes: balde de plástico (20 litros), frascos de vidro (1,5 litros) prevalentes para a criação do *Ae. aegypti* em várias regiões do Brasil.

A solução foi preparada em baldo plástico (FIGURA 22A) com capacidade de 20 litros de água utilizando a concentração de 2ppm de Sumilarv 0,5 g na formulação granulada. O recipiente foi coberto com tampa e uma tela de proteção para evitar focos de mosquitos (FIGURA 22B). A solução ficou em repouso por 24 horas protegido da luz sola. Após esse período, procedeu-se com os bioensaios (MORAIS *et al.*, 2017). Também foi realizado o bioensaio com recipientes de vidro (1,5 L) (FIGURA 22C). Foi realizado um controle no qual o recipiente (plástico ou vidro) recebeu apenas água.

Figura 22. (A)-Preparação da solução de *pyriproxyfen* (Sumilav 0,5 G), (B) em recipiente de plástico (C)em recipiente de VIDRO.



Fonte: Elaborada pelo autor e Angela Bezerra (2019).

4.5 Bioensaios

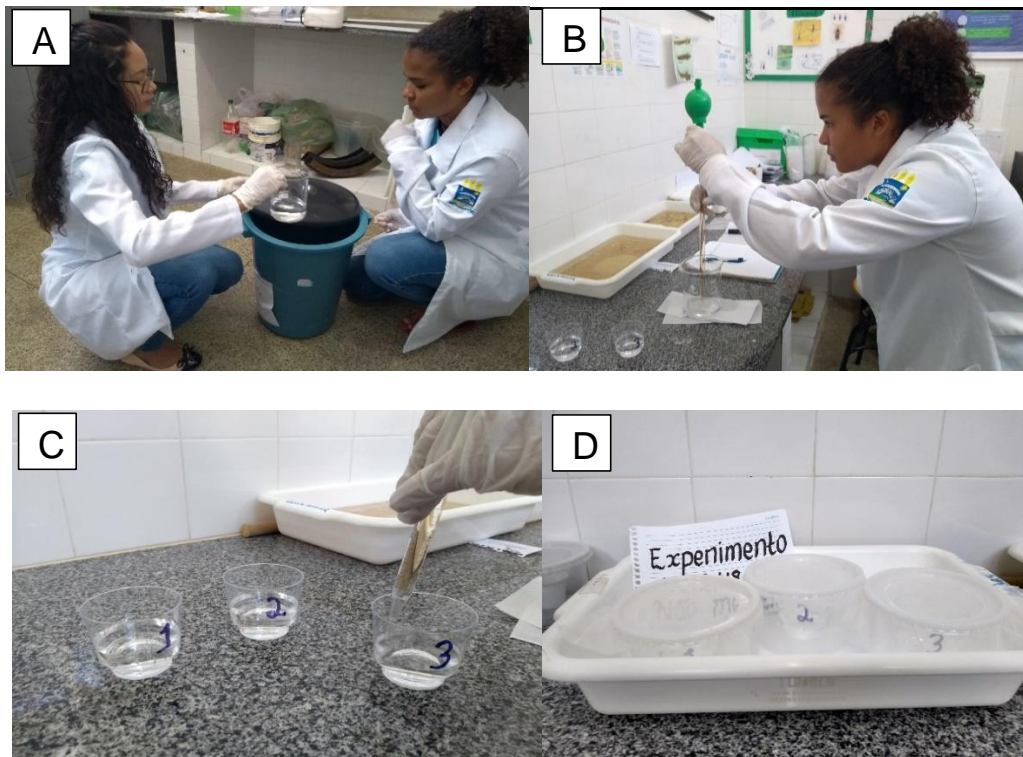
A adição da solução teste do Sumilarv concentração de 2 ppm, nos dois tipos de recipientes ocorreram no dia zero (0). Os resultados da eficácia do Sumilarv foram analisados nos dias 1, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63 e 70 após o tratamento com a solução teste, bem como 24, 48 e 72 horas para determinar eficácia em curto período.

A solução teste era colocada no recipiente e agitada com auxílio de um bastão. Com o auxílio de um Becker (FIGURA 23 A) uma quantidade foi retirada e em seguida, um volume de 50 ml da solução foi medido com uma pipeta volumétrica (FIGURA 23 B) e transferido para copos de plástico de 110 ml, foi utilizado três copos com 10 larvas cada de *Ae. aegypti*, totalizando 30 larvas para cada dia do experimento. (FIGURA 23 C). Logo depois, foram transferidas 10 larvas para cada copo com a solução teste e cobertos com malha (FIGURA 23 D). Além disso, foi realizado um controle apenas

com água e larvas. Todas as amostras testes e controle foram colocados em gaiolas de contenção para evitar escapar a emergência dos adultos para o ambiente.

Devido a longa duração do teste as larvas foram alimentadas com uma pequena quantidade de ração de tartaruga (Nutral ouro) e permaneceram em condições de laboratório sendo, diariamente, registrado o número de larvas vivas e mortas. As pupas foram transferidas com auxílio de uma pipeta de Pasteur de plástico para frascos transparentes de polipropileno com capacidade para 25ml, para caso ocorresse a eclosão para adulto não escapassem. As pupas vivas e mortas bem como a emergência de adultos, nos tratamentos e controle, foram registradas diariamente. O experimento acabou quando todas as larvas ou pupas nos controles morreram ou emergiram como adultos.

Figura 23. Preparação de bioensaios.



Fonte: Elaborada pelo autor e Angela Bezerra (2019).

4.6 Análise de dados

No final do período de observação, o resultado foi expresso como porcentagem da mortalidade de larvas e pupas que foi calculada utilizando a formula abaixo:

$$(ML\%) = [(Lm/Lexp) \times 100]$$

onde: ML= Mortalidade de larvas; LM= Larvas mortas; LEXP=larvas expostas.

$$(MP\%) = [(Pm/T) \times 100]$$

onde: MP= Mortalidade de pupas, Pm=pupas mortas; T= Total

5. RESULTADOS E DISCUSÃO

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS) e com o fabricante do regulador decrescimento *pyriproxyfen* (Sumilarv 0,5G), o inseticida deve ser usado para recipientes com volume de água abaixo de 50L na concentração de 2ppm, portanto destacamos que foi utilizado essa concentração para a realização dos testes. Essa dose é a usada nos programas de controle do *Ae. aegypti* no município de Picos.

Na (TABELA 1) mostra os resultados dos bioensaios realizados com as larvas em recipiente de plástico e vidro, provenientes do município de Picos-PI, nos dias 24h, 48h e 72h.

Tabela 1- Percentual da mortalidade de lavas em recipiente de plástico e vidro após 24, 48 e 72 horas de exposição a concentração de 2 ppm do pyriproxifen (Sumilav 0,5G).

Recipiente plástico	% Mortalidade		
	24hs	48hs	72hs
Sumilarv	3,33	0	0
Controle	0	0	0
Recipiente vidro	% Mortalidade		
	24hs	48hs	72hs
Sumilarv	0	0	0
Controle	0	0	0

Foi verificado mortalidade de larvas em recipiente de plástico de 3,33%, 0%, 0% nos tempos 24, 48 e 72 horas, respectivamente, após o tratamento. Em recipiente de vidro nenhuma larva morreu tempos de 24, 48 e 72 horas.

DAVIDSON e ZAHAR (1973) e WHO (1998) estabelecem que os resultados

para determinação de susceptibilidade e resistência sejam determinados de acordo a essas porcentagens:

Para indicar Susceptibilidade - mortalidades acima de 98%; Suspeita de Resistência - mortalidades entre 80% e 97% e Resistência - mortalidades abaixo de 80%. Seguindo esse parâmetro, os resultados desse estudo mostra uma resistência das larvas de *Ae. aegypti* ao tratamento com o Sumilarv em curto periodo de tempo, em ambos os recipiente.

E importante ressaltar que durante os dias de experimento ocorreu a eclosão de adultos. Percebe-se que as populações de *Ae. Aegypti* estão resistente ao inseticida Sumilav em recipiente de vidro e plástico e essa resistência independente do recipiente (criadouro).

A (TABELA 2) mostra os resultados dos bioensaios realizados com as pupas em recipiente de plástico e vidro nos dias 24h, 48h e 72h.

Tabela 2-Percentual da mortalidade de pupas em recipiente de plástico e vidro após 24, 48 e 72 horas de exposição a concentração de 2 ppm do *pyriproxifen* (Sumilav 0,5G).

Recipiente Plástico	% Mortalidade		
	24hs	48hs	72hs
Sumilarv	3,33	20	23,3
Controle	0	0	0
Recipiente Vidro	% Mortalidade		
	24hs	48hs	72hs
Sumilarv	0	13,3	6,66
Controle	0	0	0

Ao analisar o efeito do Sumilarv em pupas observa-se que em recipiente de plástico constatou-se mortalidades de 3,33 %, 20%, 23,3% nos tempos 24, 48 e 72 horas, respectivamente. Mortalidade de pupas em recipiente de vidro ocorreu nos tempos de 48 (13,3%) e 72 (6,66) horas, não houve mortes no tempo de 24 horas.

Uma evidência em relação ao *pyriproxifen* (Sumilav) deve ser mencionada, o produto mostrou que age, quase inteiramente, na fase de pupa do mosquito, como observado nos resultados. Esta particularidade confere um alerta para o Ministério da

Saúde, como um questionamento para a instituição repensar a utilização do *pyriproxifen* como larvicida para o controle do *Ae.aegypti*, uma vez que, as ações de controle ao vetor adotam a fase larvária do inseto como indicador de infestação. Resultado similar foi encontrado por Valle; Braga *et al.* (2005), em seu estudo realizado em laboratório, onde observaram uma mortalidade maior de pupas de *Ae. aegypti*.

Os resultados dos bioensaios realizados com larvas provenientes do município de Picos, em recipiente de plástico nos dias 1, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63 e 70, e vidro nos dias 1 e 7, estão apresentados na (TABELA 3).

Tabela 3- Percentual da mortalidade de larvas em recipiente de plástico após os dias de tratamento 1, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63 e 70 dias, e vidro 1 e 7 dias de exposição ao *pyriproxifen* (Sumilarv 0,5G) na concentração de 2ppm.

Recipiente Plástico	Dias de exposição										
	1	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
Sumilarv	3,33	0	0	0	0	0	0	0	3,33	0	0
Controle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Recipiente vidro	Dias de exposição	
	1	7
Sumilav	0	0
Controle	0	0

Os resultados indicam que na concentração teste de 2ppm de Sumilav usada nos programas de controle do *Ae. Aegypti* no município de Picos as larvas de campo de *Ae. aegypti* se mostraram resistentes ao inseticida por um longo período de exposição, ou seja, até 70 dias após o tratamento.

A (TABELA 4) mostra os resultados de susceptibilidade das populações de pupas em recipiente de plástico e vidro.

Tabela 4- Percentual da mortalidade de pupas em recipiente de plástico após os dias de tratamento 1, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63 e 70 dias, e vidro 1 e 7 dias de exposição ao pyriproxyfen (Sumilarv 0,5G) na concentração de 2ppm.

Recipiente Plástico	Dias de exposição										
	1	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
Sumilarv	0	0	0	0	0	0	0	0	3,33	0	0
Controle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Recipiente vidro	Dias de exposição	
	1	7
Sumilav	0	0
Controle	0	0

Nos dias de tratamento que procedeu até o dia 70 apenas no dia 56 houve mortes, demonstrando resistência a esse inseticida, no entanto nos mesmos dias de tratamento em larvas, não ocorreu mortes, sendo o sumilarv um larvicida, não agindo assim na larva.

Estima-se que cerca de 975 milhões de pessoas em todo o mundo vivem em áreas com dengue risco de transmissão. (ANDRIGHETTI *et al.*, 2008). Segundo Rosa (2016), o controle vetorial é o único método que pode ser utilizado na prevenção do *Ae. aegypti*, devido a falta de medicamentos e vacina para grande maioria de suas arboviroses. Esse controle envolve o uso de inseticidas químicos. Porém, o uso exclusivo e intensivo desses compostos, sem outras alternativas a serem utilizadas, vem provocando resistência pelas populações dessa espécie, fato esse relatado em diversas localidades do Brasil.

No controle vetorial o uso de produtos com baixa toxicidade, alto efeito residual e elevada eficiência, vem sobrepondo em campanhas de controle de formas imaturas de culicídeos. Os reguladores de crescimento adentram esses produtos que estão sendo avaliados e utilizados em algumas regiões do Brasil e em outros países (RESENDE; GAMA, 2006). Entretanto, o número de casos de resistência aos inseticidas está aumentando em países da Ásia, Caribe e América Central e Sul. No Brasil, estudos referentes à resistência do *Ae. Aegypti* a inseticidas foram conduzidos nos Estados de São Paulo, Goiás, Mato Grosso do Sul (CARVALHO *et al.*, 2004).

É importante ressaltar que as populações de larvas, bem como pupas vem se tornando cada vez mais resistentes ao inseticidas. Por exemplo, a resistência ao Temephos em populações de *Ae. aegypti* tem aparecido em diversas localidades geográficas (BESERRA *et al.*, 2007) e as causas podem ser as mais diversas, como o aumento na produção metabólica de enzimas de detoxificação. Este processo é caracterizado pelas modificações estruturais nas moléculas enzimáticas, resultando no aumento da capacidade de eliminar os inseticidas do organismo.

Com isso, os resultados neste estudo corrobora com Morais *et al.*, (2017), que demonstram a resistência de populações de larvas, pupas e adultos de *Ae.aegypti* ao pyriproxyfen em Patos –PB. Segundo Carvalho *et al.*, (2004) fatores genéticos, biológicos e operacionais, explicam populações resistentes a determinado inseticida químico. Os fatores genéticos e biológicos são os característicos das populações, como a frequência e o caráter dominante dos genes de resistência, o isolamento, a endogamia e o potencial reprodutor da população. Ademais Zotti *et al.*, (2012) e Rugno (2013) demonstram que as larvas tratadas pelo inseticida *pyriproxifen* sobreviveram e originaram adultos.

O monitoramento frequente da resistência é uma importante ação de vigilância epidemiológica, pois é possível avaliar a dinâmica da resistência e fornecer elementos para o seu manejo. A finalidade é detectar precocemente e impedir o progresso da alteração da suscetibilidade a um inseticida, a propagação de populações de vetores e, conseqüentemente, dos agentes causadores de doenças por eles transmitidos (MOREIRA, 2018).

6. CONCLUSÃO

Através deste estudo podemos concluir que as populações de larvas de *Ae. aegypti* no município de Picos-PI apresentaram-se resistente ao inseticida Sumilarv na dose de uso (2 ppm) recomendada pelo fabricante. Estes resultados evidenciam de forma efetiva a necessidade de um monitoramento rotineiro dos inseticidas químicos que são utilizados pelos municípios brasileiros no controle do *Ae. aegypti* para garantir a eficiência dos programas de controle do vetor e assim, diminuir os casos de doenças transmitidas por esse vetor.

7 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, H. R. C. **Caracterização morfológica dos hemócitos do *Aedes Aegypti* e do *Aedes Albopictus* e a resposta imune dos hemócitos do *Aedes Aegypti* após a infecção pelo dengue vírus.** 2011. Tese (Doutorado em Biologia Celular e Molecular) - Centro de Pesquisa René Rachou, Belo Horizonte, 2011.

ARAÚJO, A. P. **Análise da resistência a inseticidas químicos em populações de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae), de municípios do estado de Pernambuco.** 2013. Tese (Doutorado em Ciências)-Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 2013.

ALLIANCE, D. **Estudo químico, predições in silico das propriedades adme/tox e atividade larvicida do óleo essencial da raiz *Philodendron deflexum* Poepp. ex Schott sobre *Aedes aegypti* Linneu e *Anopheles albirtasis*.**2016. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde)- Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2016.

ANDRIGHETTI, M. T. M *et al.* Effect of *pyriproxyfen* in *Aedes aegypti* populations with different levels of susceptibility to the organophosphate temephos. **Dengue Bulletin**, v. 32, p. 186-198, 2008.

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boletim epidemiológico.** (2020). Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/media/pdf/2021/fevereiro/01/boletim_epidemiologico_svs_3.pdf. Acesso em: 09 jun. 2021.

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Diretrizes nacionais para a prevenção e controle de epidemias de dengue.** Brasília: Ministério da Saúde, 2009.

BRASIL. Ministério da saúde. Diretoria de vigilância epidemiológica. **Dengue: orientações técnicas para pessoal de campo.** Adaptado do Manual de Normas Técnicas do Ministério da Saúde / 2001. Santa Catarina, 2007.

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Zika: Abordagem clínica na atenção básica.** Mato Grosso do Sul, 2016.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Controle de vetores.** Portal da Saúde/SUS.

Disponível em <http://portalsaude.saude.gov.br>. 2014 Acesso em: 21 jun.2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. (2021). **Ministério da saúde atualiza casos de febre amarela.** Disponível em: <http://portalms.saude.gov.br/noticias/agencia-saude/42422-ministerio-da-saude-atualiza-caos-de-febre-amarela>. Acesso em: 23 fev.2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Chikungunya: Manejo clínico.** Brasília, 2017.

BRAGA, I. A; VALLE, D. *Aedes aegypti*: inseticidas, mecanismos de ação e resistência. **Revista Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 16, n. 4, p. 279-293, 2007.

- BRAGA, I. A *et al.* **Evaluation of methoprene effect on *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) development in laboratory conditions.** Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, v. 100, n. 4, p. 435-440, 2005.
- BECKER, N *et al.* **Mosquitoes and their control.** 2. ed. Springer-Verlag, 2010.
- BECKER, N *et al.* **Mosquitoes and their control.** 1. ed. Kluwer Academic, 2003.
- BESERRA, E *et al.* Resistance of *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) populations to organophosphates temephos in the Paraíba State, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 36, n. 2, p. 303-307, 2007.
- BRITO, A. L. **Perfil epidemiológico da dengue no Brasil, nos anos 2009 a 2013.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharel em Biomedicina) Faculdade de Ciências da Educação e Saúde, Brasília, 2015.
- CARVALHO, M. S. L *et al.* Suscetibilidade de larvas de *Aedes aegypti* ao inseticida temefós no Distrito Federal. **Revista Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 38, n. 5, p. 623-629, Brasília, 2004.
- CANTUÁRIA, M. F. **Ecologia de culicídeos (Diptera: Culicidae) da área de proteção ambiental do rio curiaú, Macapá, Amapá.** 2012. Dissertação (Mestrado em Caracterização da Biodiversidade) - Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2012.
- CHAVASSE, D. Y. **Chemical methods for the control of vectors and pests of public health importance.** World Health Organization, 1997.
- CASIDA, J. E; DURKIN, K. A. Anticholinesterase insecticide retrospective. **Chemico-Biological Interactions**, v. 203, n. 1, p. 221-225, 2013.
- CRINNION, W. J. Environmental Medicine, Part 4: Pesticides – Biologically Persistent and Ubiquitous Toxins. **Alternative Medicine Review**, v. 5, n.5, p. 432-447, 2000.
- CONSOLI, R; OLIVERIA, R. L. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil.** 1.ed. FIOCRUZ, 1994.
- COSTA, L *et al.* Neurotoxicity of pesticides: a brief review. **Frontiers in Bioscience**, v.13, n.13, p. 1240-1249, 2008.
- DAVIDSON, G.; ZAHAR, A. R. The practical implications of resistance in malaria vectors to insecticides. **Bulletim of the World Health Organization**, v. 49, n. 5, p. 475-483, 1973.
- ESMERALDO, M. A. **Bioprodutos derivados de biomassa vegetal no combate ao mosquito transmissor da dengue - *Aedes aegypti*.** 2016. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Ceara, Fortaleza, 2016.

- EVANGELISTA, L. S. M; OLIVEIRA, F.L. L; GONÇALVES, L. M. F. Aspectos epidemiológicos do dengue no Município de Teresina, Piauí. **BEPA**, v. 23, n. 103, p. 32- 39, 2012.
- FACCINI, L. S *et al.* Possível associação entre a infecção pelo Vírus Zika e microcefalia- Brasil. **MMWR**, v. 65, n. 3, p. 59-62, 2016.
- FRANÇA, L. S. Desafios para o controle e prevenção do mosquito *Aedes aegypti*. **Revista de Enfermagem UFPI**, v. 11, n. 12, p. 4913-4918, 2017.
- FIOCRUZ –Fundação Oswaldo Cruz. **Conheça o comportamento do mosquito *Aedes aegypti***. (2008). Disponível em: <http://www.fiocruz.br/ioc/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inoid=571&sid=32>. Acesso em: 10 jun.2021.
- FLORES, A. V. Organoclorados: um problema de saúde pública. **Ambiente & Sociedade**, v. 7, n. 2, p.111-124, 2004.
- FORATTINI, O. P. **Culicidologia Médica: identificação, biologia, epidemiologia**. 2.ed. Edusp, 2002.
- FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Instruções para pessoal de combate ao vetor: Manual de normas técnicas**. (2021). Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/funasa/man_dengue.pdf. Acesso em: 07 jun.2021.
- GRAF, J. F. The role of insect growth regulators in arthropod control. **Parasitology Today**, v. 9, n. 12, p. 471-474, 1993.
- GEORGE, L *et al.* Community-effectiveness of temephos for dengue vector control: A systematic literature review. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v.9, n. 9, p. 1-22, 2015.
- GUEDES, D. R. D. **Análise da competência vetorial para o vírus dengue em populações naturais de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* de Pernambuco**. 2012. p.101. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Centro de Pesquisa Aggeu Magalhães, Recife, 2012.
- GROCHOCKI, T. M. **Principais métodos de detecção de viroses transmitidas por *Aedes* no Brasil**. 2016. Curso (Graduação em Bacharel em Biomedicina)- Faculdade de Ciências da Educação e Saúde, Brasília, 2016.
- HEMINGWAY, J *et al.* The molecular basis of insecticide resistance in mosquitoes. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 34, n. 37, p. 653-665, 2004.
- HONÓRIO, N. A *et al.* Chikungunya: uma arbovirose em estabelecimento e expansão no Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, v. 31, n. 5, p. 906-908, 2015.
- HOFFMAN, K. H; LORENZ, M. W. Recent advances in hormones in pest control. **Phyloparasitica**, v. 26, n. 4, p. 323-330, 1998.

HUANG, Y. M. The subgenus *Stegomyia* of *Aedes* in the afrotropical region with keys to the species (Diptera: Culicidae). **Zootaxa**, v. 700, n. 1, p.1-120, 2004.

KRAEMER, M *et al.* The global distribution of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Aedes. albopictus*. **Journal eLife**, 2015.

MACORIS, M. L. G. **Avaliação do nível de susceptibilidade de linhagens de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) aos inseticidas utilizados para seu controle.** 2002. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) – Faculdade de Medicina de Botucatu, Botucatu, 2002.

MANIERO, V *et al.* Dengue, chikungunya e zika vírus no Brasil: situação epidemiológica, aspectos clínicos e medidas preventivas. **Almanaque Multidisciplinar de Pesquisa**, v. 1, n. 1, p. 118-145, 2016.

MARTINS, A. B. S. **AEDETRAP: Avaliação *in situ* de uma nova armadilha para *Aedes aegypti* adultos.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Bacharel em Biologia)- Universidade Federal do Ceará, 2017.

MATHENGUE, E *et al.* Effect of permethrin-impregnated nets on exiting behavior, blood feeding success, and time of feeding of malaria mosquitoes (Diptera: Culicidae) in Western Kenya, **Jornual of Medical Entomology**, v. 38, n. 4, p. 531-536, 2001.

MERZENDORFER, H. Chitin synthesis inhibitors: old molecules and new developments. **Insect Science**, v. 20, n. 2, p. 121-138, 2013.

MERZENDORFER, H; ZIMMICH, L. Chitin metabolism in insects: structure, function and regulation of chitin synthases and chitinases. **The Journal of Experimental Biology**, v. 206, n. 24, p. 4393-4412, 2003.

MORAIS, J. O *et al.* Avaliação do regulador de crescimento de insetos *pyriproxyfen* em populações de *Aedes aegypti* (DIPTERA: CULICIDAE). **Temas em Saúde**, v. 17, n. 1, p. 403-420, 2017.

MOURA, L. **Programas de controle de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae): análise do efeito da temperatura ambiente sobre a eficiência do larvicida *Pyriproxyfen* em laboratório.** 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências)- Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

MONTEIRO, E. S. C *et al.* Aspectos epidemiológicos e vetoriais da dengue na cidade de Teresina, Piauí – Brasil, 2002 a 2006. **Revista Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 18, n. 4, p. 365-374, 2009.

MOREIRA, I. M. **Avaliação da suscetibilidade de populações de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) do Distrito Federal à inseticidas e seu controle de qualidade químico.** 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências Médicas) - Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

- NATAL, D. Bioecologia do *Aedes aegypti*. **Jornal Biológico**, v. 64, n. 2, p. 205-207, 2002.
- NETO, L. J. G. **Efeito residual do diflubenzuron sobre larvas de *Aedes aegypti* em condições simuladas de campo, no laboratório**. 2011. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2011.
- NUNES, J. S. **Dengue: Etiologia, patogênese e suas implicações a nível global**. 2011. Dissertação (Mestrado em Medicina) – Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2011.
- OLIVEIRA, A. H. P *et al.* A visão dos alunos da FATEC-PR em relação a epidemia do *Aedes aegypti*. **Revista Tecnológica da FATEC-PR C**, v.2, n.6, p. 84 -105, 2015.
- OLIVEIRA, J. K.G de *et al.* **Análise de dados epidemiológicos sobre o zika vírus e abordagem clínica para gestantes: revisão integrativa**. (2017). Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conbracis/2017/TRABALHO_EV071_MD1_SA4_ID2389_15052017224915.pdf. Acesso em: 09 jul. 2021.
- OBERLANDER, H; SILHACEK, D. Insect growth regulators. In: SUBRAMANYAM, Bhadriraju; HAGSTRUM, David (org.). **Alternatives to pesticides in stored-product IPM**. Springer, 2000. Cap. 6, p. 147-163.
- OLMO, R. P. **Análise da resposta do vetor *Aedes aegypti* à infecção por dengue vírus: foco na barreira do intestino**. 2015. P. 104. Tese (Doutorado em Bioinformática) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.
- OMS- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **Report of the fourth whopes working group meeting**, 2001.
- PAIVA, M. H. S. **Caracterização molecular da resistência a inseticidas químicos em populações de *Aedes aegypti***. 2013. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 2013.
- PAIVA, M. H. S. **Monitoramento do gene, que codifica a esterase, envolvido na resistência a inseticidas organofosforados em populações naturais de *Aedes aegypti* do Brasil**. 2006. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública)- Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 2006.
- PANINI, M *et al.* An overview of the main pathways of metabolic resistance in insects. **Invertebrate Survival Journal**, v. 13, n. 1, p. 326–335, 2016.
- PESSOA, L. F. F. **Uso do *Pyriproxyfen* em novas abordagens para controle de formas jovens e adultas de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae)**. 2018. Dissertação (Mestrado em Biociências e Biotecnologia em Saúde)- Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 2018.
- POLONI, T. R. R. S. **Estudo das características clínicas e laboratoriais da infecção pelo vírus da dengue em crianças atendidas em uma unidade de saúde do município de Ribeirão Preto, São Paulo**. 2013. Tese (Doutorado em

Biociências Aplicadas à Farmácia)-Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2013.

RESENDE, M. C; GAMA, R. A. Persistência e eficácia do regulador de crescimento *pyriproxyfen* em condições de laboratório para *Aedes aegypti*. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 39, n. 1, p. 72-75, 2006.

RANSON, H *et al.* Insecticide resistance in dengue vectors. **TropIKA.net**, v. 1, n. 1, p. 1-12, 2010.

RAMASEHADRI, P; FARKAS, R. R; PALLI, S. R. Recent progress in juvenile hormone analogs (JHA) research. **Advances in Insect Physiology**, v. 43, p.353-436, 2012.

RANSON, H *et al.* Pyrethroid resistance in African anopheline mosquitoes: what are the implications for malaria control?. **Trends in Parasitology**, v. 27, n. 2, p. 91–98, 2011.

RIDDIFORD, L. How does juvenile hormone control insect metamorphosis and reproduction?. **General and Comparative Endocrinology**, v. 179, n. 3, p. 477-484, 2012.

ROBERTS, D; ALECRIM, W. D. Behavioral response of *Anopheles darlingi* to DDTs sprayed house walls in Amazonia. **Bulletin of the Pan American Health Organization**, v. 25, n. 3, p. 210-217, 1991.

ROCHA, H. D. R. **Perfil de suscetibilidade da população de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) da ilha de Santiago, Cabo Verde, a inseticidas**. 2014. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública)-Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 2014.

ROSA, J. P. P. **Resistência de *Aedes aegypti* ao inseticida temefos**. (2016). Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5511276.pdf>. Acesso em: 20 jun.2021.

RUGNO, G. R. **Seletividade de inseticidas utilizados na cultura dos citros ao predador *Ceraeochrysa cubana* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae), desenvolvimento em diferentes temperaturas e diversidade de crisopídeos em propriedades com manejo intensivo e convencional de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae)**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências)-Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

SÁ, L. S. M. P. **Intervenção precoce e microcefalia estratégias de intervenção eficazes**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências da Educação) - Escola Superior de Educação João de Deus, Lisboa, 2013.

SAAVEDRA, M. G. **Avaliação da atividade larvicida da nanoemulsão do óleo essencial das raízes de *Philodendron fragrantissimum* (Hook.) G. don (araceae) contra *Aedes aegypti* (Linnaeus 1762) (Diptera: Culicidae)**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde)-Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2018.

SUBRAMANIAN, S; SHANKARGANESH, k. Insect hormones (as pesticides).In: OMKAR(org.). **Ecofriendly Pest Management for Food Security**, cap. 20, p. 613-650, 2016.

SESAPI. Secretaria de Estado da Saúde do Piauí.(2020). **Boletim da 33ª semana epidemiológica – 2020**. Disponível em: http://www.saude.pi.gov.br/uploads/warning_document/file/604/Boletim_Epidemiol%C3%B3gico_PI_SE_33_2020.pdf. Acesso em: 09 jun. 2021.

SESAPI. Secretaria de Estado da Saúde do Piauí.(2019). **Boletm da 17ª semana epidemiológica – 2019**. Disponível em: http://www.saude.pi.gov.br/uploads/warning_document/file/390/Boletim___Epidemiol%ogico_PI_SE_17_2019.pdf. Acesso em: 09 jun.2021.

SESAPI. Secretaria de Estado da Saúde do Piauí.(2017). **Piauí matem redução de casos de dengue**. Disponível em: <http://www.saude.pi.gov.br/noticias/2017-12-01/8391piaui-mantem-reducao-de-casos-dedengue.html>. Acesso em:18 fev.2018.

SILVA, J. S; MARIANO, Z. F; SCOPEL, I. A dengue no Brasil e as políticas de combate ao *Aedes aegypti*: datentativa de erradicação ás políticas de controle. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 3, n.6, p. 163-175, 2008.

SILVA, E. L. **Avaliação da susceptibilidade e resistência de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera: Culicidae) ao inseticida Natular™ (Espinodade) e aos inseticidas Temephos, Malathion e Alfacipermetrina utilizados nos municípios de Maracaju, Dourados e Naviraí, MS. 2012**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal da Grande Dourados/UFGD, Dourados-MG, 2012.

SOARES, E. N. L. **Distribuição espacial de *Aedes aegypti* (Diptera:Culicidae) em áreas vulneráveis para a transmissão de arboviroses**.2018. Dissertação (Mestrado em Ciência animal Tropical)-Universidade Federal Rural do Pernambuco, Recife, 2018.

SULLIVAN, J; GOH, K. Environmental fate and properties of Pyriproxyfen. **Journal of Pesticide Science**, v. 33, n. 4, p. 339–350, 2008.

TASSOU, K. T; SCHULZ, R. Combined effects of temperature and *pyriproxyfen* stress in a full life-cycle test with *Chironomus riparius* (Insecta). **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 31, n. 10, p. 2384–2390, 2012.

TEIXEIRA, M.G. Poucas Características da epidemiologia da febre da dengue no Brasil. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 54, n. 18, p. 1-4, 2012.

TOURINHO, R. **Estudo identifica circulação de nova linhagem da zika no Brasil**. (2020). Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/noticia/estudo-identifica-circulacao-de-nova-linhagem-da-zika-no-brasil>. Acesso em: 09 jul. 2021.

VASCONCELOS, P. F. C. Doença pelo vírus zika: um novo problema emergente nas Américas? **Revista Panamericana Amaz Saude**. v.6, n.2, p. 9-10, 2015.

VALLE, D; BELINATO, T. A; MARTINS, A. J. Controle químico de *Aedes aegypti*, resistência a inseticidas e alternativas. In: VALLE, D; PIMENTA, D. N; CUNHA, R. V(org.). **Dengue: teorias e práticas Rio de Janeiro**. Fiocruz,2015. Cap.4, p. 93-126.

WHO-World Health Organization. **Dengue: Guidelines for treatment, prevention and control**,2009.

WHO-World Health Organizationa. **First WHO report on neglected tropical diseases: working to overcome the global impact of neglected tropical diseases**,2010.

WHO-World Health Organization. **Zika vírus disease**. (2016). Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/zika/pt>>. Acesso e: Acesso em: 10 fev. 2018.

WHO-WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Test procedures for insecticide resistance monitoring in malaria vectors, bioefficacy and persistence of insecticides on treated surfaces**. Report of an informal consultation, WHO/CDS/CPC/MAL/98.12, 1998.

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

ZOTTI, M. J *et al*. Sequencing and structural homology modeling of the ecdysone receptor in two chrysopids used in biological control of pest insects. **Ecotoxicology**, v. 21, n. 3, p. 906-918, 2012.



**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DIGITAL NA BIBLIOTECA
“JOSÉ ALBANO DE MACEDO”**

Identificação do Tipo de Documento

- () Tese
() Dissertação
(x) Monografia
() Artigo

Eu, MAYRA DE SOUSA FÉLIX DE LIMA, autorizo com base na Lei Federal nº 9.610 de 19 de Fevereiro de 1998 e na Lei nº 10.973 de 02 de dezembro de 2004, a biblioteca da Universidade Federal do Piauí a divulgar, gratuitamente, sem ressarcimento de direitos autorais, o texto integral da publicação AVALIAÇÃO DA AÇÃO INSETICIDA DO PYRIPROXIFEN CONTRA LARVAS DE *Aedes aegypti* NO MUNICÍPIO DE PICOS PI _____ de
minha autoria, em formato PDF, para fins de leitura e/ou impressão, pela internet a título de divulgação da produção científica gerada pela Universidade.

Picos-PI 29 de Junho de 2021

Mayra de Sousa Félix de Lima
Assinatura

Mayra de Sousa Félix de Lima
Assinatura