



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO AMBIENTAL**

CAIO SCHEIDEGGER FARIAS

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE TECNOLÓGICA DO SISTEMA AETRAPP.ORG
APLICADO AO MONITORAMENTO DE *Aedes Aegypti* UTILIZANDO
OVITAMPAS E SISTEMA INTEGRADO DE CONTAGEM POR VISÃO
COMPUTACIONAL**

Recife, 2021

CAIO SCHEIDEGGER FARIAS

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE TECNOLÓGICA DO SISTEMA AETRAPP.ORG
APLICADO AO MONITORAMENTO DE *Aedes Aegypti* UTILIZANDO
OVITAMPAS E SISTEMA INTEGRADO DE CONTAGEM POR VISÃO
COMPUTACIONAL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco. Linha de Pesquisa 2: Tecnologias e inovações ambientais.

Profª Dra. Sofia Suely F. Brandão Rodrigues
Orientadora

Profª Dra. Aida Ferreira Araújo
Co-Orientadora

Recife, 2021

F224a Farias, Caio Scheidegger.

Avaliação da viabilidade tecnológica do sistema AETRAPP.ORG aplicado ao monitoramento de *Aedes Aegypti* utilizando ovitrampas e sistema integrado de contagem por visão computacional. / Caio Scheidegger Farias. – Recife, PE: O autor, 2021.

91 f.: color. ; il. ; 30 cm.

Orientadora: Profª. Drª. Sofia Sueli F. Brandão Rodrigues.

Co-Orientadora: Profª. Drª. Aida Ferreira Araújo.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE, Campus Recife, Coordenação de Pós-Graduação - Mestrado Profissional em Gestão Ambiental, 2021.

Inclui referências e apêndices.

Catálogo na fonte

Bibliotecária Amanda Tavares CRB4-1751

CAIO SCHEIDEGGER FARIAS

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE TECNOLÓGICA DO SISTEMA AETRAPP.ORG
APLICADO AO MONITORAMENTO DE *Aedes Aegypti* UTILIZANDO
OVITAMPAS E SISTEMA INTEGRADO DE CONTAGEM POR VISÃO
COMPUTACIONAL**

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco como parte integrante dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental.

Data da aprovação: ___ / ___ / ___

BANCA EXAMINADORA

Prof^a Dra. Sofia Suely F. Brandão Rodrigues
Orientadora - IFPE

Prof^a Dra. Aida Ferreira Araújo
Co-Orientadora - IFPE

Prof^a Dra. Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa
Examinadora Interna – MPGA - IFPE

Prof. Dra. Genimar Rebouças Julião
Examinadora Externa – Fiocruz Rondônia

Dedico este trabalho às famílias que perderam entes queridos para a pandemia de Sars-COV2, neste momento da humanidade onde a ciência se faz tão necessária, assim como todas e todos afetados pelas dores e injustiças das arboviroses. Em especial à memória de Leonardo Cisneiros, amigo imensurável, que tanto me incentivou como pesquisador, em lutas pelas cidades e pelo meio ambiente

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Pernambuco, *Campus* Recife, mais especificamente ao Programa do Mestrado Profissional em Gestão Ambiental, às professoras Sofia Suely Ferreira Brandão Rodrigues, Aida Araújo Ferreira e Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa.

A todos os estudantes de iniciação científica e extensão que contribuíram em diversas etapas do projeto, com a demonstração de comprometimento e proatividade em prol da ciência, Ana Beatriz de Arruda Ferreira, Jerônimo Albuquerque, Cesar Vinicius dos Santos Martins Caneja, Carlos José da Silva Junior, Isabel Juliane Silva de Oliveira, Maysa Moreira.

Ao Instituto Invento pelo convite para o engajamento neste projeto tão rico, que é o Aetrapp.org, em especial ao Odair Scatolini Júnior, fundador do projeto, e cientista cidadão, que desde 2015 vem agregando tantas redes e organizações na sua caminhada.

Ao Centro de Mulheres do Cabo, pela parceria e aprendizados nas metodologias e na consolidação das oficinas do projeto, por meio da mobilização de Beatriz Silva e sua diretora Nivete Azevedo.

Aos parceiros da WWF-Brasil, em especial ao coordenador do programa Amazônia, Marcelo Oliveira, que acreditou no projeto desde seu primeiro momento e nos deu tanto apoio para a mobilização em Recife.

A fundação Oak, e a Google, por terem possibilitado o desenvolvimento do projeto por meio de seus apoios institucionais, e sua coordenação do programa Brasil, Ana Carolina Alfinito e Karen Suassuna.

A Secretaria Municipal de Saúde do Recife, por meio do Centro de Vigilância Ambiental, pela colaboração para a realização dos estudos de campo.

A Fiocruz Rondônia, por meio da professora Genimar Rebouças Julião, e todo seu grupo de pesquisa, pelas diversas contribuições científicas ao projeto, e pela certeza que os aprendizados aqui desenvolvidos serão absorvidos e multiplicados em outras pesquisas da FIOCRUZ.

RESUMO

O mosquito *Aedes aegypti* tem apresentado graves impactos para os sistemas de saúde em nível global. O Brasil foi um dos países mais impactados e tem sido assolado por doenças transmitidas por vetores, como Dengue, Zika e Chikungunya. Dentre as estratégias centrais para o enfrentamento no combate às populações e infestações por mosquito, está o monitoramento por ovitrampas, que são ambientes facilitadores da oviposição. O sistema Aetrapp.org surgiu em 2015 como proposta tecnológica aliada a conceitos de engajamento ambiental e ciência cidadã, fomentando a aplicação de ovitrampas de baixo custo. O mesmo culminou no desenvolvimento de um sistema computacional para a contagem automática de ovos de mosquito, utilizando *smartphones* em sistema Android, além de compilar outras tecnologias digitais para potencializar o monitoramento cidadão. A presente pesquisa teve como objetivo realizar experimentos comparativos no Campus Recife do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), no Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste (CRCN) e no Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP), com apoio do Centro de Vigilância Ambiental da Prefeitura do Recife, visando analisar a eficácia, atratividade e positividade das aetrampas, em relação às ovitrampas tradicionais. Foi avaliada também a viabilidade tecnológica, seu potencial e o impacto de utilizar um sistema de monitoramento de mosquitos *Aedes*, inspirado em estratégias do uso de ferramentas acessíveis e de fácil replicação. Esta avaliação foi feita através da comparação do nível de maturidade tecnológica das abordagens ovitrampas tradicionais *versus* um protótipo apropriado ao uso da plataforma Aetrapp.org. No estudo comparativo, realizado com apoio de pesquisadores do IFPE e de estudantes de iniciação científica, concluiu-se que a solução tecnológica pode se beneficiar de atualizações, ou adaptações para sistemas em níveis de desenvolvimento mais robustos, com a necessidade de maiores esforços na infraestrutura, na estratégia de visão computacional e na logística do monitoramento de insetos que veiculam vírus causadores de doenças em humanos.

Palavras-chave: Ovitrapas, *Aedes*, Visão Computacional, Aetrapp, Inteligência Artificial

ABSTRACT

The *Aedes aegypti* mosquito has had serious impacts on health systems globally. Brazil was one of the most impacted countries and has been plagued by vector-borne diseases such as Dengue, Zika and Chikungunya. Among the central strategies for combating populations and mosquito infestations is monitoring by ovitraps, which are environments that facilitate oviposition. The Aetrapp.org project emerged in 2015 as a technological proposal combined with concepts of environmental engagement and citizen science, promoting the application of low-cost ovitraps. It culminated in the development of a computer system for the automatic counting of mosquito eggs, using smartphones on an Android system, in addition to compiling other digital technologies to enhance citizen monitoring. This research aimed to carry out comparative experiments on the Recife Campus of the Pernambuco Federal Institute of Education, Science and Technology (IFPE), on the Regional Center for Nuclear Sciences of the Northeast (CRCN) and on the Pernambuco Institute of Technology (ITEP), with support from the Environmental Surveillance Centre of Recife City Hall, aiming to analyse the effectiveness, attractiveness and positivity of alpha ovitraps, in relation to traditional ovitraps. The technological feasibility, its potential, and the impact of using an Aedes mosquito monitoring system, inspired by strategies for the use of accessible and easily replicable tools, were also evaluated. This assessment was made by comparing the level of technological maturity of traditional ovitrap approaches *versus* a prototype suitable for using the Aetrapp.org platform. In the comparative study, carried out with the support of IFPE researchers and scientific initiation students, it was concluded that the technological solution can benefit from updates, or adaptations to systems at more robust levels of development, with the need for greater efforts in the infrastructure, in the computer vision strategy and in the logistics of monitoring insects that transmit disease-causing viruses in humans.

Keywords: Mosquito Traps, *Aedes*, Computer Vision, Artificial Intelligence.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Armadilha modelo MosquiTRAP®	24
Figura 2 - Esquema descritivo Adultrap	25
Figura 3 - Armadilha de captura BG-Sentinel	25
Figura 4 - Ciclo de Funcionamento do processamento de imagem Aetrapp.org.....	30
Figura 5 - Segmentação de imagem fotográfica digital para contagem de ovos.....	31
Figura 6 - Componentes RGB de armadilha com ovos	32
Figura 7 - Representação da Conectividade dos <i>pixels</i>	33
Figura 8 - Digitalização de uma imagem analógica	34
Figura 9 - Representação esquemática do modelo $L^*a^*b^*$	36
Figura 10 - Funcionamento do filtro.....	37
Figura 11 - Mapa com localização do Parque Oswaldo Cruz – RJ	39
Figura 12 - Curva de tendência ovitrampa tradicional e aetrampa (RJ).....	41
Figura 13 - Comparação do número total de ovos coletados entre aetrampas e ovitrampas tradicionais no período de 16 semanas	40
Figura 14 - Número escalonado de ovos coletados por aetrampas(Aetrapp) e ovitrampas tradicionais por semana de monitoramento	42
Figura 15 - Modelo genérico de ovitrampas (tradicional), utilizado como base para a comparação, conforme PNCD.....	47
Figura 16 - Localização das armadilhas utilizadas para comparação.....	46
Figura 17 - Componentes da aetrampa, em comparação com o modelo tradicional.....	49
Figura 18 - Métodos de Contagem – leitura de palhetas	50
Figura 19 - Framework de comparação dos níveis de maturidade das tecnologias	50
Figura 20 - Ovitampa Tradicional (A) e Modelo Alfa (B)	54
Figura 21 - Ocorrência dos termos < <i>Aedes aegypti and control and trap</i> > na base Scopus ...	55
Figura 22 - Resultados das buscas por afiliação na base Scopus.....	56
Figura 23 - Busca <i>Aedes and</i> <Trap and Computer Vision> na Scopus.....	57
Figura 24 - Ocorrência dos termos < <i>Aedes aegypti and control and trap</i> >	58
Figura 25 - Busca < <i>Aedes aegypti and control</i> >, segmentada por países.....	59
Figura 26 - Evolução histórica de patentário < <i>Aedes aegypti and trap</i> >	60
Figura 27 - Evolução histórica de patentário < <i>Aedes aegypti and trap and egg</i> >	60
Figura 28 - Recorte < <i>Aedes aegypti and trap</i> > por código IPC	61
Figura 29 - Índice de Positividade de Ovitrapas -IPO (%) IFPE em cada ciclo	65

Figura 30 - Índice de Densidade de Ovos (IDO) IFPE para cada ciclo.....	66
Figura 31 - Número médio de ovos por ovitrampa ITEP em cada ciclo	66
Figura 32 – Índice de Positividade ITEP (%) por ciclo.....	67
Figura 33 - Índice de Positividade de Ovos CRCN (%) por ciclo	67
Figura 34 - Índice de densidade de Ovos CRCN	68
Figura 35 - Diferentes graus de deterioração das palhetas	70
Figura 36 - Palhetas retiradas da armadilha 023, nos ciclos 55, 57, 58 e 59.....	71
Figura 37 - Palhetas retiradas da armadilha 024 nos ciclos: 56, 57, 58 e 59.....	72
Figura 38 - Palheta de papel aquarela utilizada em aetrampa no ITEP frente e verso	72
Figura 39 – Demarcação manual de círculo na palheta	81
Figura 40 – Código de aplicação do processamento de imagem do aplicativo.....	82

LISTA DE ABREVIATURAS

CIE	<i>Commision Internationale L'Eclairage</i>
CRCN	Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste
FIOCRUZ	Fundação Oswaldo Cruz
IDO	Índice de Densidade de Ovos
IFPE	Instituto Federal de de Educação, Ciência e Tecnologia Pernambuco
IPO	Índice de Positividade das Ovitrapas
ITEP	Instituto de Tecnologia de Pernambuco
LABIC	Laboratório Ibero-Americano de Inovação Cidadã
LIRAA	Levantamento Rápido de Índices para <i>Aedes aegypti</i>
NOSMOVE	Núcleo Operacional Sentinela de Mosquitos Vetores da Fundação Oswaldo Cruz
PNCD	Programa Nacional de Controle da Dengue
RGB	<i>Red, green, blue</i> (vermelho, verde, azul)
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SIGWEB	Sistema de Informação Geográfica na Web

Sumário

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVO GERAL.....	17
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
2 REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 TÉCNICAS DE CONTROLE E MONITORAMENTO DE MOSQUITOS <i>Aedes</i> spp. 18	
2.1.1 MosquiTRAP®	21
2.1.2 Adultrap®	22
2.1.3 BG-Sentinel	23
2.1.4 Ovitrapas	24
2.1.5 Ovitrapas e sistema Aetrapp.org	25
2.2 MÉTODOS DE MONITORAMENTO E CONTAGEM POR VISÃO COMPUTACIONAL	27
2.3 O SISTEMA AETRAPP.ORG SOB A WWF-BRASIL	36
3 METODOLOGIA	42
3.1 COLETA DE DADOS.....	43
3.1.1 Levantamento Cienciométrico e Patentário	43
3.1.2 Estudo comparativo entre ovitrapas tradicionais e aetrapas	45
3.1.3 Confecção das aetrapas	46
3.1.4 Coleta de palhetas e contagem de ovos das ovitrapas	47
3.1.5 Determinação dos índices entomológicos	48
3.2 COMPARAÇÃO ENTRE ESTRATÉGIAS E MATURIDADE TECNOLÓGICA DOS SISTEMAS	50
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	53
4.1 AVALIAÇÃO DE ARMADILHAS ALTERNATIVAS A PARTIR DA BUSCA BIBLIOMÉTRICA E PATENTÁRIA	53

4.1.1 Estudo Comparativo Entre Ovitrapas Tradicionais E Aetrampa	61
4.1.2 Avaliação da atratividade das aetrampas	69
4.1.3 Processamento do aplicativo e variabilidade no Registro Pictórico	74
4.2 ANÁLISE DA VIABILIDADE TECNOLÓGICA DO SISTEMA AETRAPP EM RELAÇÃO A DIFERENTES ARMADILHAS	75
5 PLANO DE AÇÃO	79
5.1 MONITORAMENTO.....	79
5.2 INSTABILIDADES NO SISTEMA E MELHORIAS NO CÓDIGO.....	80
5.3 PALHETA PARA COLETA DE OVOS	82
5.4 FATORES AMBIENTAIS	83
5.5 QUESTÕES LOGÍSTICAS	83
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84
REFERÊNCIAS.....	87

INTRODUÇÃO

O mosquito *Aedes aegypti* apresenta desafios crescentes para a comunidade científica e tem causado epidemias por arbovírus, provocando grande comoção social, por representar uma crise de saúde pública global. O inseto é considerado como um dos principais vetores na transmissão de arboviroses para humanos (GOMES, 1998).

Conforme Pancetti *et al.* (2015), as populações brasileiras de *Aedes* spp. têm demonstrado competência vetorial substancial para difundir arbovírus como Dengue e Chikungunya, sendo que, à época, apenas em 3 estados brasileiros ainda não havia registros do *Aedes Albopictus*, tornando-o, juntamente ao *Aedes aegypti*, significativa ameaça à população brasileira. No país, o estado de Pernambuco registrou um aumento notável na quantidade e na escala do impacto das doenças transmitidas por esse mosquito, principalmente com o advento dos Vírus *Zika* e *Chikungunya*. De 2015 até o presente momento, as ações de vigilância e de monitoramento ambiental no âmbito das políticas públicas têm-se mostrado insuficientes para reduzir o número de pessoas infectadas pelo mosquito, em especial no Brasil (BRASIL, 2017).

O monitoramento do mosquito foi intensificado, mostrando também os limites de atuação do poder público, tanto em perspectiva de alcance das estratégias sanitárias, de estrutura profissional, quanto de disponibilidade de recursos. Monitorar o mosquito, seu comportamento e seus impactos têm sido uma luta sisífica. Apesar do aumento de infecções nos últimos anos.

Notadamente, entre 2015 e 2016 apenas 30% das municipalidades brasileiras realizam algum tipo de monitoramento, sendo estimado que esse trabalho é realizado atualmente por 80% deles, conforme Scatolini, Ceccon e Couto (2018). Atualmente, essa porcentagem é expressiva, no entanto as epidemias de arbovírus continuam a assolar o país, gerando evidências sobre o vírus e os seus efeitos, suas formas de detecção e de controle da transmissão (PEPE *et al.*, 2020, p. 70).

Em 2016, quando a epidemia tomou proporções globais, com 73 países relatando casos de infecção pelo vírus *Zika*, surgiu uma proposta de desenvolvimento de um sistema que pudesse envolver a população em geral, o poder público e a pesquisa acadêmica de forma colaborativa para tentar desbravar os limites operacionais dos órgãos de saúde e levar o potencial da ciência para o máximo de territórios e pessoas possíveis, de forma acessível e a baixo custo, através do sistema Aetrapp.org. (BRASIL, 2017)

Trata-se de um dos 10 projetos selecionados para o Laboratório Ibero-Americano de Inovação Cidadã (LABIC), promovido pela Secretaria Geral da Iberoamérica e Ministério da Cultura. Ele teve seu desenvolvimento iniciado em 2015, no Rio de Janeiro, com apoio de

profissionais de diversos países, assim como pesquisadores e técnicos da Fundação Oswaldo Cruz, FIOCRUZ, do Rio de Janeiro (DESAFIO DE IMPACTO SOCIAL GOOGLE 2016 WWF-BRASIL, [s. d.]). No mesmo ano recebeu o Prêmio Inovapps, do Ministério das Comunicações do Brasil, para o desenvolvimento da aplicação para dispositivos móveis.

Com o apoio da WWF-Brasil, foi um dos vencedores do Desafio de Impacto Social Google Brasil 2016, recebendo incentivo da Fundação Oak. A partir de novembro do mesmo ano, foi estabelecida parceria com o Núcleo Operacional Sentinela de Mosquitos Vetores-NOSMOVE (Parceria DIRAC-IOC-VPAAPS/FIOCRUZ), para um experimento de campo em Manguinhos, na cidade do Rio de Janeiro. Este primeiro experimento, considerado como uma versão alfa (protótipo para desenvolvimentos futuros), ajudou a avaliar a performance comparativa das armadilhas tradicionais e dos modelos propostos pelo Aetrapp.org, durante cinco semanas consecutivas (08/11/2016 a 14/12/2016). (HONORIO et al, 2017).

Em 2017, a versão beta do aplicativo para sistemas Android foi desenvolvido por uma equipe do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP, *Campus* São Carlos, com a realização de experimento de campo. Posteriormente na cidade de Rio Branco, no Acre, em parceria com a municipalidade, o governo do estado, a Universidade Federal do Acre e o Instituto Federal do Acre - IFAC, que trouxeram novos testes e melhorias relacionadas à tecnologia, mobilização e experiência de uso da aplicação. Novos ajustes e projetos foram realizados em Recife – PE, pela WWF Brasil, disponibilizando-se material pedagógico e audiovisual de suporte em relação ao sistema Aetrapp.org.

O autor da presente pesquisa foi responsável pela articulação do projeto a partir do final de 2017 pela WWF-Brasil e posteriormente pelo Instituto Invento e ajudou a realizar um piloto controlado, com escopo restrito à região de Recife-PE, entre abril e junho de 2018, em convênio com a Prefeitura do Município, através da Secretaria Municipal de Saúde, do Centro de Vigilância Ambiental e da Universidade Federal de Pernambuco.

Um dos desafios do sistema Aetrapp.org é atender a necessidade de criação ou fomento de uma base sólida de indicadores que correlacionem a densidade populacional do inseto e a distribuição ótima de armadilhas para gerar novas estratégias de contenção da circulação do vírus da Dengue com maior eficácia. Observa-se que os métodos atualmente utilizados apresentam dificuldade em dar respostas concretas para o monitoramento da população de mosquitos *Aedes aegypti* (OLIVEIRA, 2017).

Para atingir esse fim, as ovitrampas fornecem uma ferramenta acessível para gerar indicadores acerca do índice de infestação, de tal forma que um projeto inovador como o Aetrapp.org traz as condições necessárias, tanto do ponto de vista social e econômico, quanto

tecnológico, para o efetivo enfrentamento dessas arboviroses. A ferramenta de tecnologia social supracitada mostra-se como um dispositivo de promoção do exercício da ciência cidadã e do protagonismo, quando apropriado por grupos locais (SCATOLINI; CECCON; COUTO, 2018). Pessoas comuns, no exercício da cidadania e no cuidado com vistas a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, devem ser estimuladas ao protagonismo nas suas próprias casas e nos seus espaços coletivos, para contribuir com o combate e a redução das populações dos mosquitos *Aedes aegypti*.

Existe uma tendência crescente na busca de estratégias complementares para o monitoramento ambiental. Considerando o aumento do número de casos de arboviroses, a dificuldade global de reduzir índices entomológicos e a escassez de recursos econômicos e humanos, é urgente a busca por novas práticas que ofereçam ferramentas mais simples e acessíveis, e que possam criar cidadãos cientistas e complementar os esforços oficiais (SANTANA *et al.* 2019). Soma-se a isso, a possibilidade de dar escala ao monitoramento através de sistemas tecnológicos como *smartphones*, utilizando a visão computacional como um ponto de captura de insumos e dados (BRAZ SOUZA *et al.* 2020).

Para Oliveira (2016, p. 92), a associação entre

[...] os índices de infestação gerados pelas ovitrampas com os dados de temperatura e casos de Dengue [...] evidenciam o valor desta ferramenta como instrumento de obtenção de dados confiáveis sobre a infestação do *Ae aegypti*. Esses achados, consistentes com a literatura que aborda o assunto, mostram o valor das ovitrampas na construção de um sistema de monitoramento do *Ae. aegypti*, principal vetor de doenças de grande importância para a saúde pública no Brasil. Em trabalhos futuros, sugere-se a validação dos modelos apresentados em cima de dados de outras cidades, que possuam programas de monitoramento semelhantes [...]

Neste sentido, as ovitrampas, em análise, foi desenvolvido para ser alimentado por cidadãos através de seus aparelhos celulares, *smartphones*, que geram imagens na nuvem e contabilizam os ovos de *Aedes aegypti* presentes em cada ovitampa. Essas informações são disponibilizadas em um mapa georreferenciado, que traz dados ágeis e que podem ser acessados em tempo real. Tanto o governo quanto o público em geral podem acompanhar os dados do projeto, o que traz subsídios para ações entomológicas focadas e mais eficazes, concentrando recursos nos locais diagnosticados como de maior risco (SCATOLINI; CECCON; COUTO, 2018). Vale salientar que a Ciência Cidadã entra neste contexto não como um conceito novo, mas pelo fato de ter mais de cem anos e apresentar um histórico de casos de sucesso relevantes, como vários projetos de observação astronômica com a NASA (ALBAGLI; MACIEL; ABDO, 2015).

O experimento analisado propôs a construção e a implementação do monitoramento e controle do mosquito *Aedes aegypti* através da ONG WWF, com acompanhamento por meio de estudos comparativos, realizados no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Pernambuco (IFPE), no Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste (CRCN) e no Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP), e em parceria com outras organizações, como a secretaria municipal de saúde do Recife através do Centro de Vigilância Ambiental; a Fiocruz Rondônia. O escopo da avaliação visou a proposta de um conjunto de recomendações e instrumentos de gestão ambiental orientados para o monitoramento cidadão do mosquito *Aedes aegypti*. O intuito foi associar a teoria e a realidade fática, a fim de identificar os parâmetros e variáveis necessários para realizar uma análise da geração de dados e monitoramento das ovitrampas e do engajamento da população.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade tecnológica do sistema Aetrapp.org, em comparação com ovitrampas tradicionais, instaladas no *Campus* Recife do IFPE, no ITEP e no CRCN/CETENE.

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o nível de viabilidade tecnológica do sistema Aetrapp.org, a partir da utilização dos seus sistemas, em comparação com ovitrampas tradicionais, instaladas no *Campus* Recife do IFPE, no ITEP e no CR.CN/CETENE

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a Realizar revisão bibliográfica narrativa e levantamento patentário do cenário tecnológico voltado ao monitoramento de mosquitos *Aedes aegypti*;
- b Realizar estudo comparativo entre o monitoramento de armadilhas de oviposição tradicionais e o modelo experimental denominado aetrampa;
- c Analisar o nível de viabilidade tecnológica do projeto Aetrapp e seus sistemas, das aetrampas, identificando pontos de atenção e propondo possíveis melhorias.

2 REVISÃO DE LITERATURA

As informações bibliográficas, abaixo apresentadas, foram coletadas a partir de revisão narrativa (ROTHER, 2007), utilizando o portal de periódicos da CAPES, consultando artigos e documentos disponibilizados em plataformas de sistemas científicos e indexados, como também bases de dados que armazenam, indexam e analisam produções científicas, como as bases *Web of Science* (CLARIVATE, 2021) e *Scopus* (ELSEVIER, 2021).

2.1 TÉCNICAS DE CONTROLE E MONITORAMENTO DE MOSQUITOS *Aedes* spp.

O gênero *Aedes* tem impactado negativamente a saúde humana numa escala nunca vista. Na atualidade, aproximadamente metade da população mundial está ameaçada pelos males veiculados pelas espécies vetores, o que justifica a necessidade de incluir a população de forma ativa no monitoramento e no controle do inseto (OLIVEIRA, 2016). Gomes (1998, p. 50) observava, já no final do século passado, que a presença de uma “despreocupação com instrumentos de planejamento relacionados à prevenção e controle das doenças veiculadas por artrópodes implica importante deficiência nos programas governamentais.”

O mosquito da espécie *Aedes aegypti* é, comprovadamente, responsável pela transmissão de agentes causadores de quatro doenças: Dengue, Zika, Chikungunya e a febre amarela urbana, as quais trazem impactos imensos para uma grande quantidade de pessoas. Originário do Egito, sua distribuição do continente africano para a América e para a Ásia atinge praticamente 3,5 bilhões de pessoas (PANCETTI *et al.*, 2015).

Em um período de 16 anos, 11 milhões de casos prováveis de Dengue no Brasil foram identificados. Em 2019, de janeiro até 24 de agosto, há registros de 1.439.471 de casos no país. Ou seja, um crescimento de 599,5% em relação ao mesmo período em 2018. É um cenário alarmante, mesmo sem mencionar os vírus da Zika, Chikungunya e outras consequências potencialmente disseminadas pelos mosquitos, conforme dados disponibilizados pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2019).

O vírus Zika foi diagnosticado em Uganda, na África, em 1947. Chegou ao Brasil e foi relatado pela primeira vez em 2015. A doença tem trazido consequências nefastas como a síndrome do vírus Zika, a microcefalia e outras consequências indiretas, como a síndrome de Guillain-Barré (CANOSSA; STELUTE; CELLA, 2018).

A Chikungunya se caracteriza por fortes dores nas articulações. Após as fases preliminares, a doença pode evoluir para outras duas etapas: a fase subaguda e a crônica. A Chikungunya tem caráter epidêmico com alta taxa de mortalidade e está associada a dores recorrentes como artrites e artroses, que diminuem a qualidade de vida e prejudica a mobilidade das pessoas acometidas (GONÇALVES *et al.*, 2017).

Apenas em Pernambuco, durante o período pandêmico, houve um aumento notório de casos, tanto de Dengue, quanto de Chikungunya e do vírus Zika, com aumento de 148% casos nos primeiros meses de 2021 (UNIT, 2021).

Reduzir a população de *Aedes aegypti* é uma condição necessária para o controle das doenças, situação que se torna cada vez mais difícil por conta do aquecimento global e das mudanças climáticas. O avanço das áreas urbanas, com seus problemas intrínsecos, como distribuição de água, falta de saneamento, coleta e destinação adequada de resíduos sólidos, tem contribuído para a proliferação e para o aumento do grau de dificuldade no combate ao mosquito (GALATI *et al.*, 2015).

O uso de objetos descartáveis não degradáveis, como embalagens de vidro e plástico, que se acumulam em logradouros públicos e terrenos abandonados, acabam por se tornar focos de proliferação dos mosquitos. Outrossim, em relação à vigilância entomológica, “a questão vetorial constitui o pré-requisito indispensável para o controle das doenças por eles veiculadas, ... orientam as intervenções nos ciclos de transmissão dessas doenças, no sentido estratégico da otimização de sua eficácia e elaboração.” (GOMES, 1998, p. 50).

Populações mais pobres, em regiões com baixa urbanização e padrões de habitabilidade, ausência de saneamento e coleta de resíduos são especialmente vulneráveis. A necessidade de acumular água por falta de abastecimento contínuo potencializa a proliferação de *Aedes aegypti*, bem como o acúmulo de detritos. A falta de infraestrutura favorece a formação de poças d'água. Milhões de brasileiros vivem atualmente em moradias degradantes e sem infraestrutura de saneamento, por conta da negação da dignidade humana e do direito à moradia, tornando essas populações as mais vulneráveis às mazelas das arboviroses (SCATOLINI; CECCON; COUTO, 2018).

As doenças transmitidas pelo mosquito *Aedes aegypti* estão associadas a elevadas taxas de morbidade e, especialmente, às síndromes neurológicas em bebês, fato que foi reportado em todo país do período de 2015 a 2016, em especial (BRASIL, 2017).

A avaliação da densidade de tais insetos através da coleta de ovos por armadilhas (ovitampas) tem-se mostrado uma metodologia aplicável para detectar as flutuações

populacionais e indicar pontos de maior concentração do mosquito nos ambientes (BRAGA; VALLE, 2007).

Indicadores ambientais, como a quantidade de mosquitos, o número de pessoas afetadas, e quais as medidas de controle que estão sendo aplicadas, são necessárias para um efetivo monitoramento e para a implementação de planos de ação em comunidades vulneráveis, ou em áreas de risco. Conhecer, de forma preventiva, a situação e a quantidade de mosquitos numa certa área pode auxiliar no combate aos vetores, diminuindo a propagação de diversas doenças transmitidas pelo mosquito (BRAGA; VALLE, 2007).

O Ministério da Saúde reconhece que os métodos atuais de controle do mosquito *Aedes aegypti* não estão conseguindo reduzir a população dos insetos, tampouco combater as arboviroses. Portanto, as pesquisas e métodos comparativos e o desenvolvimento de novas tecnologias entomológicas têm sido um fenômeno observável e necessário para a consolidação de métodos de controle inovadores e alternativos (BRASIL, 2021).

A partir de 2013, o Ministério da Saúde, através da Secretaria de Vigilância e Saúde e Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis instaurou o Levantamento Rápido de Índices para *Aedes aegypti* (LIRAA), que tem por foco obter informações dos gestores dos serviços de saúde, na prevenção e controle da Dengue. Os registros são realizados pelos agentes de saúde e de controle de endemias dos municípios brasileiros (OLIVEIRA, 2016).

A Fundação Oswaldo Cruz emitiu a Nota Técnica nº3/2014 para avaliar diversos tipos de armadilhas e ferramentas de vigilância entomológica para elaboração de metodologias e índices de infestação. Dentro do escopo buscou-se armadilhas disponíveis no mercado, que tivessem como possibilidade estimar a população adulta de *Aedes aegypti* e concluiu-se que a opção por armadilhas apresenta resultados e sensibilidade muito superior às demais técnicas, como a visita para busca larval. Contudo, entendeu-se que o trabalho de monitoramento de armadilhas, por meio de oviposição, dependia ainda de equipe de campo e de rotina contínua de vigilância entomológica por profissionais de saúde pública (BRASIL, 2014).

Estudo elaborado pela Fundação Oswaldo Cruz indicam que armadilhas de oviposição, as ovitrampas, apresentam desempenho superior diante de outros métodos de controle larvário, e potencializam as visitas de agentes de controle de endemia e saúde ambiental no trabalho de acompanhamento domiciliar (BRASIL, 2014). Conforme Acioly (2006, p. 88), “o monitoramento por meio de armadilhas de oviposição apresenta positividade mais precocemente do que a pesquisa larvária, pelo fato de ter como objeto um estágio anterior de desenvolvimento do mosquito”. Não obstante, observa-se que as pesquisas fundamentadas na

detecção de larvas “podem não refletir a presença simultânea de fêmeas adultas, uma vez que podem ter se originado de ovos que ... eclodiram em resposta a condições ambientais favoráveis naquele momento”, ao passo que a pesquisa orientada pela coleta de ovos permite quantificar a atividade reprodutiva da população entomológica em análise.

Pode ser observada uma grande diversidade de métodos de captura e de monitoramento dos vetores nos programas de vigilância entomológica para fins de monitoramento e controle ambiental de arboviroses. Dentre os recomendados pelo Programa Nacional de Controle da Dengue (PNCD), foram identificadas três alternativas em bancos de patente com prevalência para experimentos de validação, sendo elas: MosquiTRAP, Adultrap e BG-Sentinel. Nesta pesquisa da FIOCRUZ foram avaliados dados de sensibilidade relativa, custos e a experiência dos agentes de vigilância ambiental.

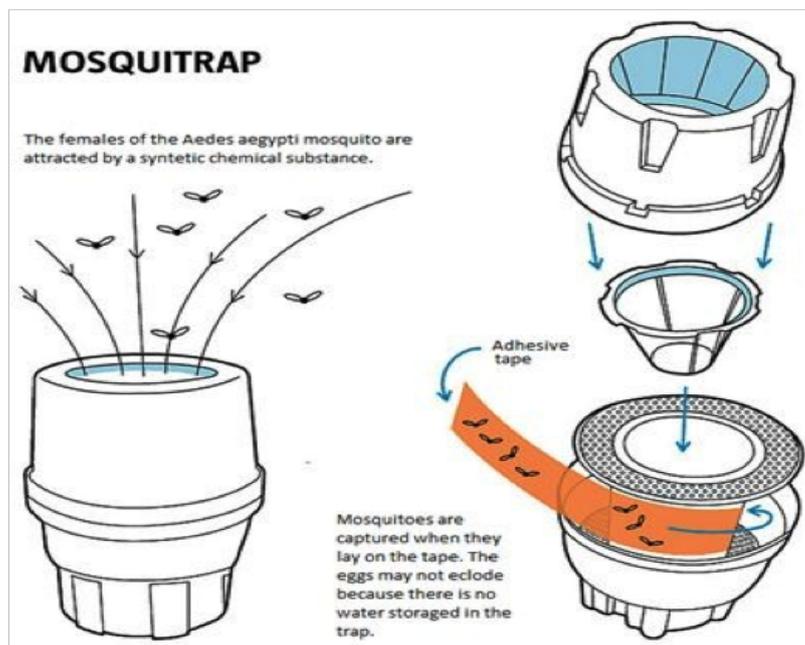
Conforme Acioly (2006, p. 94), as ovitrampas podem ser consideradas instrumentos eficazes na amostragem populacional de *Aedes* spp. em variadas densidades populacionais. Outrossim, a adição de larvicidas permite o manejo seguro das armadilhas, além do que as visitas para inspeção das mesmas são menos invasivas do que a pesquisa larvária. A autora também considera o monitoramento contínuo de ovos por georreferenciamento como suficiente para avaliar a flutuação na densidade demográfica dos insetos.

Os critérios para adoção de estratégias de monitoramento e armadilhas no âmbito do sistema Aetrapp.org foram similares aos de Julião (2018); Santana *et al.* (2019); Braz Souza *et al.* (2020). As três configurações de armadilhas seguem estratégias que variam de eliminação de mosquitos na fase de ovos e na captura de larvas. Como elementos relevantes para a seleção de um modelo, estavam: preço; facilidade de transporte; poucas partes móveis; baixa ou nenhuma necessidade energética; eficácia de coleta.

2.1.1 MosquiTRAP®

O modelo MosquiTRAP® (Figura 1) é uma tecnologia desenvolvida no Brasil, e usa de atrativo químico para atração de fêmeas adultas que buscam colocar ovos no recipiente. A forma como é construída acaba por aprisionar a fêmea quando ela pousa para colocar seus ovos em uma superfície adesiva dentro da armadilha. Tem como propósito a eliminação da fêmea adulta, o que inviabiliza o crescimento e desenvolvimento larval (EIRAS, 2002; BRASIL, 2014).

Figura 1 - Armadilha modelo MosquiTRAP®

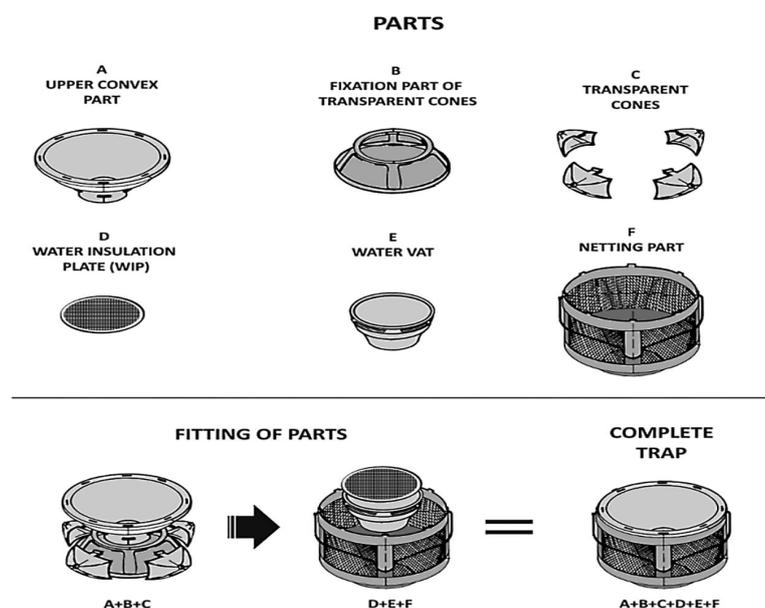


Fonte: Negreiros *et al.* (2011).

2.1.2 Adultrap®

Das armadilhas avaliadas pela nota técnica da Diretoria da FIOCRUZ 03/2014, a Adultrap® (Figura 2) caracteriza-se como uma armadilha para captura de fêmeas de mosquitos *Aedes aegypti*. Em estudo realizado em 2007, ela demonstrou significativa vantagem em relação a técnicas convencionais de aspiração. Entretanto, como armadilha para monitoramento e vigilância ambiental (GOMES *et al.*, 2007), a armadilha não foi recomendada, por representar dificuldade para os agentes, manuseio complexo, alto custo e baixa competitividade, em relação às demais armadilhas de captura (BRASIL, 2014; EIRAS; MOTA, 2019).

Figura 2 - Esquema descritivo Adultrap

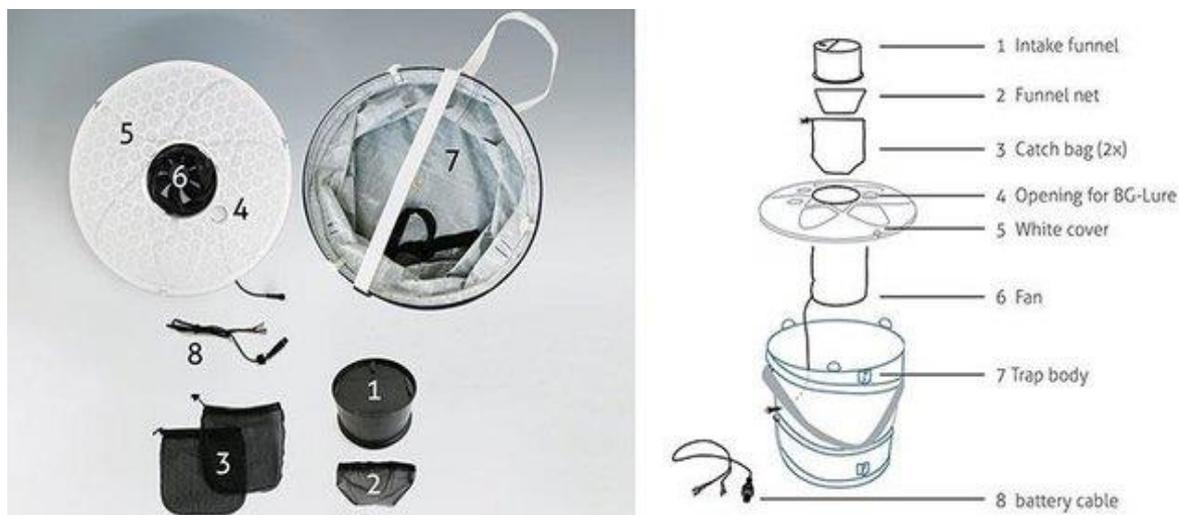


Fonte: Gomes (2007)

2.1.3 BG-Sentinel

Dentre as três alternativas de captura, a BG-Sentinel (Figura 3) é a de maior porte e com o maior número de componentes, além de exigir instalação elétrica, ou bateria, tornando o processo mais complexo e custoso. O equipamento possui um ventilador para aspiração das fêmeas de mosquito (EIRAS; GAMA; SILVA, 2008; BRASIL, 2014).

Figura 3 - Armadilha de captura BG-Sentinel



Fonte: Biogents (2021)

2.1.4 Ovitrapas

Trabalhar com ovitrapas tem se mostrado uma estratégia crescente na literatura científica e na vigilância entomológica (DEPOLI *et al.*, 2016). Como demonstrado por experimentos prévios da Fundação Oswaldo Cruz, armadilhas possuem maior eficiência em relação à pesquisa larvária, e ainda, maior aceitação perante os agentes que realizam o trabalho de campo, além de menor custo (BRASIL, 2014).

Gomes (1998, p. 56) considera uma

[...] maior eficiência da ovitrapa, em relação a larvitrapa, mas somente a última armadilha continua sendo amplamente empregada. Adicionalmente, outros índices sequer são mencionados em manuais de operação de controle de vetores. Estudo comparativo recente entre densidade de larva e ovos de *Ae. aegypti*, realizado em dois bairros de Salvador, Bahia, evidenciou diferença estatisticamente significativa favorável à ovitrapa [...]

Ovitrapas, não protegidas por patente, foram recomendadas como a armadilhas mais específicas para atração de *Aedes aegypti* (BRASIL, 2014). De modo geral apresenta um desempenho 90% superior, em comparação a modelos adulticidas como a BG-Sentinel®, Adultrap® e MosquiTRAP®, que mostraram especificidades baixas. Dentre estas, a Adultrap® se mostrou a mais específica para a aplicação em pesquisas (GOMES *et al.*, 2007).

Das ovitrapas utilizadas pelo Centro de Vigilância Ambiental do Recife, reconhece-se que os aprendizados em campo demonstram amadurecimento no uso da ferramenta. Entre 2004 e 2005, durante experimento acompanhado pela Fundação Oswaldo Cruz e pelo Centro de Vigilância Ambiental, uma única armadilha coletou acima de 8.000 ovos. Outro indicador necessário para a avaliação da viabilidade de armadilhas é o índice de positividade de ovitrapa, designado por IPO, e que se refere à razão entre o número de armadilhas positivas e a quantidade de armadilhas examinada, multiplicada por 100 (GOMES, 1998).

No experimento relatado, o IPO variou entre 85,3% e 96,7%, apresentando tendência de crescimento no cenário epidemiológico. Assim, armadilhas de oviposição são reconhecidas como ferramentas de maior sensibilidade e de melhor resposta em relação à procura por larvas, realizadas em visitas de agentes de campo (ACIOLY, 2006).

Seguiu-se a recomendação da nota técnica 03/2014/IOC-FIOCRUZ/Diretoria, que realizou a comparação de investigação de armadilhas para vigilância entomológica de *Aedes aegypti* com a técnica do LIRAA, a pesquisa larvária (FIOCRUZ, 2014).

Experimentos prévios realizados em campo demonstraram capacidade equivalente entre os modelos de ovitrapas tradicionais e o modelo aqui denominado aetrampa, ou seja, uma

armadilha montada seguindo critérios de baixo custo e facilidade de adaptação, conforme proposto pelo sistema Aetrapp.org (SCATOLINI, 2018).

2.1.5 Ovitrapas e sistema Aetrapp.org

Pesquisas recentes indicam que o sucesso de novas ferramentas para monitoramento entomológico pode ser beneficiado pelo engajamento de pessoas comuns, considerando-se a exaustão de esforços e recursos por parte do poder público e as limitações naturais de projetos acadêmicos (BRAZ SOUZA, *et al.* 2020). A ciência nesse cenário de inovação aberta, centrada no usuário, pode auxiliar no aprendizado colaborativo e na cooperação de atores diversos. O próprio engajamento da população pode ajudar a consolidar novas camadas de dados para pesquisas em escala maior (BUENO, 2019).

A possibilidade de contribuir para o monitoramento ambiental com a inclusão da população no monitoramento e combate às arboviroses é uma tendência crescente em diversos países. Trazer novos colaboradores possibilita aumentar a área de cobertura e inserir mais dados para a elaboração de políticas de saúde por meio da contagem por ciência cidadã complementando o monitoramento profissional (BRAZ SOUZA *et al.* 2020).

A proposta de fomentar uma ferramenta popular e acessível exige uma sensibilidade maior para a construção de uma rede de colaboradores e cidadãos participantes para auxiliar na avaliação dos gargalos da tecnologia, seja a partir do algoritmo e seus usos, do sistema de monitoramento, do aplicativo, da comunicação, de materiais de divulgação, ou dos materiais e métodos aplicados (SCATOLINI; CECCON; COUTO, 2018).

Em estudos prévios, a amostragem de capturas de *Aedes aegypti* em Recife, com apoio do Centro de Vigilância Ambiental, acompanhou 464 armadilhas modificadas, montadas com garrafas PET de 2L e infusão gramínea. A experiência demonstrou a viabilidade do modelo atual e uma série de vantagens que atendem aos requisitos do sistema Aetrapp.org, com o diferencial de utilizar na ocasião três palhetas para coleta de ovos, o que deve ser levado em consideração, uma vez que utiliza originalmente apenas uma palheta de composição diferente, com papel aquarelável ou canson gramatura 300g/m² (ACIOLY, 2006).

Outra componente metodológico relevante que contribui para a eficácia do projeto é o georreferenciamento. Tal ferramenta é muito utilizada no monitoramento de arboviroses, é uma metodologia que possibilita o mapeamento de áreas de riscos para a elaboração de análises e construção de programas que possam reduzir os vetores de doenças. É um princípio basilar da

vigilância entomológica, tanto para o controle, quanto para o monitoramento. Nos programas de controle do mosquito *Aedes* spp. no Brasil, o método principal é o de levantamento larval. Há uma crescente tendência na utilização de ovitrampas para o monitoramento do vetor (HONÓRIO *et al.*, 2009). A informática tem permitido a integração das informações coletadas com seu suporte geográfico por intermédio dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) (BUENO, 2019). O georreferenciamento se mostra como um componente necessário, favorecendo a aplicação de sistemas de dados para áreas urbanas. Tais tecnologias podem ser aprimoradas também para áreas onde a vigilância ambiental não possui recursos suficientes para ampliar sua atuação ou não possui alternativas.

Baseado neste fundamento, experimento prévio realizado na Região Metropolitana do Recife (SANTOS 2009) avaliou a sensibilidade de armadilhas de oviposição (ovitrampas) georreferenciadas e demonstrando-se que, com elas, a vigilância ambiental pode oferecer dados mais céleres e precisos para a otimização de esforços de governos e de políticas públicas. Pesquisas e experimentos realizados em outros países atestam a eficácia do uso de ovitrampas como uma estratégia potencialmente vantajosa para monitorar *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus*, em relação a métodos tradicionais como o LIRAA (BRAZ SOUZA *et al.*, 2020).

De acordo com Silva, Rodrigues e Araújo (2012), o geoprocessamento torna-se uma ferramenta útil, à medida que esta técnica permite uma visão mais globalizada dos focos dos vetores do *Aedes* spp., por meio de informações cartográficas georreferenciadas, que podem ser obtidas em um ritmo cada vez mais intenso devido aos avanços da tecnologia. O Ministério da Saúde recomenda como parâmetro base a instalação de ao menos uma ovitrampa a cada nove quarteirões, ou 225 imóveis, mas cada experimento ou realidade impõe adaptações para elaboração de diferentes amostragens a partir das metodologias propostas (BRASIL, 2001).

No contexto brasileiro, as ações de controle de *Ae. aegypti* são prioritariamente realizadas pelos municípios, a partir do levantamento de dados de pesquisa larvária e de outros métodos. O resultado dessas ações depende do compartilhamento de dados e na elaboração de planos de trabalho conjuntos entre os diversos entes federativos, instituições de pesquisa e outros atores (SANTOS, 2008).

A municipalidade do Recife elaborou Plano de Enfrentamento às Arboviroses Transmitidas por *Ae. aegypti*, que determina a universalização do uso das ovitrampas para monitoramento dos vetores e sua instalação em massa como piloto para estratégia de controle (RECIFE, 2019).

Os dados gerados, ao serem consolidados pela participação ativa do cidadão, favorecem um componente de empoderamento, onde cada participante ajuda a fortalecer as camadas de

dados, assim como contribui com as melhorias do algoritmo e a resolução de problemas. Isto permite a defesa de uma hipótese de consolidação de cientistas cidadãos, onde todos aprendem juntos e constroem o projeto de forma colaborativa.

2.2 MÉTODOS DE MONITORAMENTO E CONTAGEM POR VISÃO COMPUTACIONAL

Uma das maiores dificuldades no monitoramento de ovitrampas é a necessidade de contagem de ovos. Atualmente, o padrão é a contagem manual por um profissional com auxílio de ferramentas laboratoriais (SANTANA *et al.*, 2019) A demanda crescente demonstra a dificuldade em implantar armadilhas e realizar visitas, além disso, durante o período pandêmico (2020-2021), a quantidade de recusas às visitas chegou a 30% em alguns municípios brasileiros, por inúmeros motivos, que vão desde receios relacionados à segurança, como temores advindos do risco de infecção por Covid-19 (FOLHA DE SÃO PAULO, 2021).

O Processamento de Imagens é uma técnica que possibilita diversas análises, envolvendo uma certa complexidade matemática e computacional. Consiste em tratar uma imagem através de algoritmos computacionais, onde o fluxo de entrada permite o registro de imagens, oferecendo como saída informações ou dados que permitem contagem, leitura, ou análises multidimensionais (FEITOSA, 2015).

Segundo Alves (2016), para as ferramentas e sistemas de controle e monitoramento de infestação de mosquitos, dois parâmetros fundamentais são a quantidade/densidade da matéria infestante e a categorização dos fatores infestantes. Em relação ao mosquito, estes são geralmente endêmicos, precisando da compreensão do ambiente humano e seus usos, principalmente para identificar questões relacionadas à distribuição de água, saneamento e sazonalidade, para compreender as mudanças na distribuição das populações de *Aedes aegypti*.

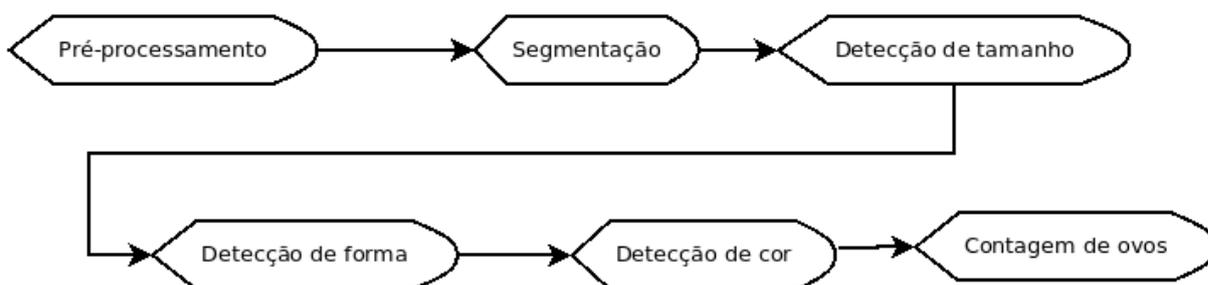
Reconhecendo-se as características do mosquito, torna-se possível estimar a quantidade e incidência de ovos por meio de ferramentas de contagem, através da coleta em ovitrampas. Esses métodos também podem ser adaptados para a pesquisa larvária, que é a base para a sistematização do método LIRAA, preconizado pelo Programa Nacional de Controle de Dengue (BRAGA; VALLE, 2007).

Tal abordagem se mostra adequada para a elaboração de *frameworks* de visão computacional para este projeto. Conforme Urteaga-Reyesvera; Possani-Espinosa (2016) há viabilidade no desenvolvimento de sistemas de contagem baseados em visão computacional por meio de bibliotecas livres (*Open Source Computer Vision Library*). O treinamento dos bancos

de imagem baseados em ovitrampas pode se beneficiar da colaboração de usuários e instituições de pesquisa de diversos locais do mundo, a partir desta tecnologia, ampliando a escala e celeridade, bem como favorecendo a adaptação para diferentes requisitos tecnológicos e funcionais.

O resultado das contagens depende da padronização da estrutura de coleta, do tipo de palheta usada na ovitrampa e de um *software* de processamento de imagem que realize a contagem. No sistema Aetrapp.org, utiliza-se um servidor de processamento de imagem (IPS), em ambiente aberto no repositório <https://gitlab.com/Aetrapp>. A pesquisa comparativa utilizou palhetas de fundo branco em papel de gramatura 300g/m², requisito sugerido por HONORIO et al, para garantir maior sucesso na captura de imagens por meio de câmeras de *smartphones* das mais diversas configurações (HONORIO et al, 2017; JULIÃO, 2018). A Figura 4 apresenta a orientação dos processos utilizados para registro e apresentação dos dados pelo sistema:

Figura 4 - Ciclo de Funcionamento do processamento de imagem

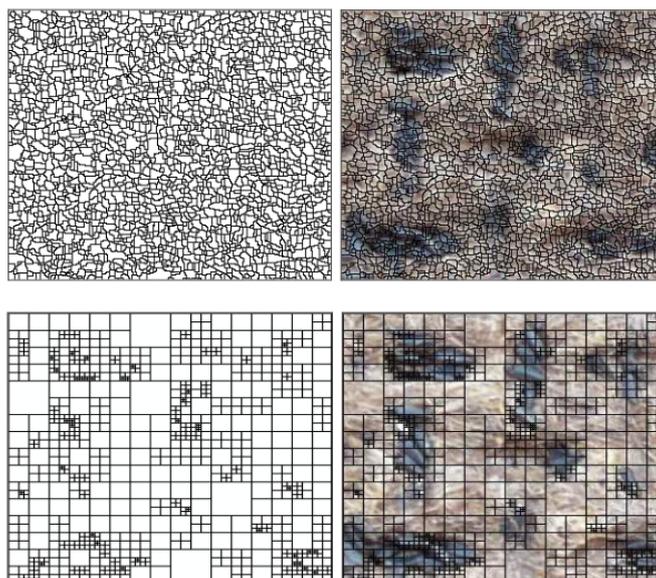


Fonte: adaptado a partir de Aetrapp.org (2021)

A literatura da área apresenta uma série de trabalhos que propõem soluções para o problema da contagem de ovos de *Aedes aegypti* através de imagens. Mello *et al.* (2009) trouxeram uma solução baseada na automatização para contagem de ovos de *Aedes aegypti*, sobre a superfície de palhetas de ovitrampas, constituídas de fibra de madeira.

Originalmente, esses sistemas eram dependentes de fotografia por câmera digital para obtenção da imagem da palheta, submetidas a um computador para processamento, como pode ser observado na Figura 5:

Figura 5 - Segmentação de imagem fotográfica digital para contagem de ovos



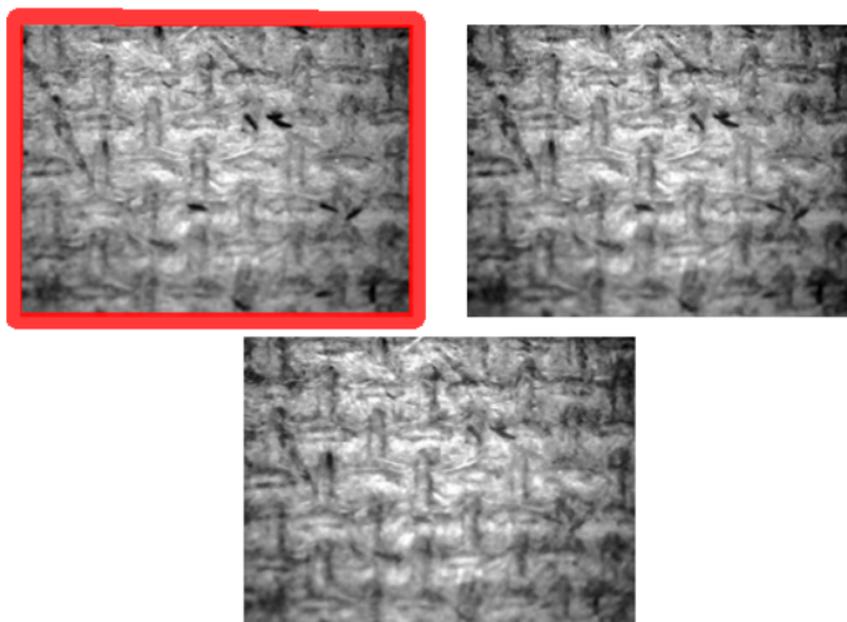
Fonte: Mello *et al.* (2009, p. 214)

As primeiras soluções estavam baseadas em técnicas de conversão de imagens de RGB (*red, green, blue* – em português: vermelho, verde, azul) para o espaço YIQ (*Luminance, In-phase, quadrature*). Nesta técnica o componente é transferido para lógica binária, através de um algoritmo e filtros para redução de poluentes. Utiliza-se a área média de um ovo, e o programa gera uma estimativa no número de ovos nas áreas apresentadas.

Os autores realizaram vários experimentos mudando o método de estimativa e a taxa de acurácia média nesse trabalho chegou a 90%. Foram apontados como gargalos e dificuldades os ajustes e a experimentação necessária para obter boas imagens, a distância entre a câmera, filtros e a dependência de regulagem manual de foco (MELLO *et al.*, 2009).

Feitosa (2015) propôs dois métodos para a contagem de ovos de mosquitos, em quatro etapas: pré-processamento, segmentação, pós processamento e contagem. O primeiro método proposto utiliza o modelo de calorimetria RGB, limiarização de Otsu e filtragem. O segundo método explora o modelo $L^*a^*b^*$, com algoritmo *k-means*. No referido estudo, ambos os métodos foram demonstrados viáveis, com uma variação mínima de seis erros no primeiro e 15 erros no segundo. Na Figura 6 pode ser visto o detalhe das imagens estudadas pelo autor:

Figura 6 - Componentes RGB de armadilha com ovos



Fonte: Feitosa (2015, p. 28)

O sistema Aetrapp.org utiliza fotografias de palhetas de ovos geradas por usuários mantenedores das armadilhas. As amostras são submetidas a um servidor de processamento de imagem, que por sua vez, tem seus dados alimentados em sistema georreferenciado, possibilitando a verificação dos locais onde a infestação por mosquitos *Aedes aegypti* aparenta estar mais crítica (SCATOLINI; CECCON; COUTO, 2018).

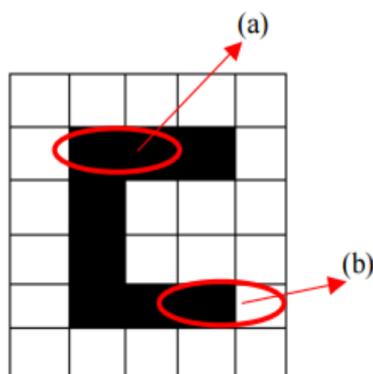
As informações obtidas pelo sistema são enviadas pelo usuário através de sistema de Internet para um computador servidor WEB de processamento de imagem (*Image Processing Server*), onde são analisadas por técnicas de processamento de imagens. A contagem automática dos ovos baseia-se nos processos de segmentação, filtragem e quantificação (SILVA; RODRIGUES; ARAUJO, 2012).

O servidor utiliza um algoritmo de contagem, que através do treinamento por bancos de imagens, realiza a contagem de forma automatizada dos ovos de cada amostra. Das possíveis vantagens aqui expostas, o presente trabalho apresenta uma ferramenta capaz de adquirir e armazenar imagens das palhetas das ovitrampas, realizar a contagem automatizada dos ovos, sem a utilização de equipamento de microscopia, conforme a descrição do sistema (JULIÃO, 2018; AETRAPP, 2021).

Para explicar o funcionamento do mecanismo de visão computacional, é importante destrinchar a importância do elemento basilar em uma determinada imagem, o *pixel*. Trata-se de uma medida que define a aproximação e conectividade para compor uma determinada

imagem (FEITOSA, 2015). A Figura 7 ilustra a utilização de *pixels* para permitir a conectividade entre dados e imagens:

Figura 7 - Representação da Conectividade dos pixels

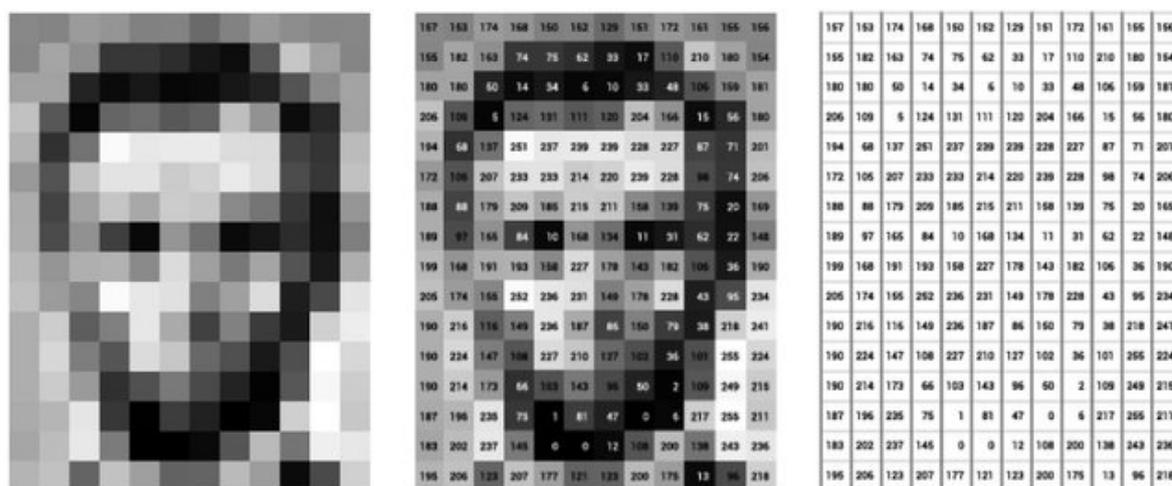


Fonte: Feitosa (2015, p. 12)

Para o sistema de visão computacional, a vizinhança entre os *pixels* explica a participação de elementos num mesmo objeto de uma imagem. Conectividade entre *pixels* então, é o modo como um determinado *pixel* se relaciona com outro *pixel* adjacente (FEITOSA, 2015).

A representação de uma imagem em duas dimensões, para fins de visão computacional, depende do posicionamento e intensidade da luz, que pode ser representada pela função $f(x, y)$ onde f é a referência de iluminação, e x e y são as definições espaciais de largura e altura, respectivamente. O brilho, ou nível de cor, que define a composição cromática, é derivado dessa fórmula e a posição dos *pixels* e suas conexões ajudam o computador a processar as matrizes. A forma como os sistemas de visão computacional interpreta uma determinada imagem, se dá pela desconstrução de uma imagem contínua em *pixels* conectados e suas variações de intensidade de cor (FEITOSA, 2015). A Figura 8 representa um exemplo de conversão digital de imagem analógica em tons de cinza:

Figura 8 - Digitalização de uma imagem analógica



Fonte: WEVERS, SMITS (2019)

O algoritmo de visão computacional depende, ainda, da compreensão do elemento colorimétrico para fins de interpretação de uma imagem. A cor facilita a extração de objetos, a identificação das partes e do todo. Ao aplicar o modelo de cor, entra-se numa lógica com três componentes básicos. RGB (*red, green, blue*). Outro modelo possível para explicar as características de uma imagem é o L^*a^*b (INPE, 2021).

O primeiro modelo de cores, o RGB, aplica uma lógica tridimensional, que é descrita como um cubo em coordenadas cartesianas, onde as cores são distribuídas pelo espaço. As cores primárias ficam em vértices opostos do cubo, e as complementares nos demais três vértices. Preto é representada pelo vértice junto à origem, e a branca pelo mais afastado (INPE, 2021).

Esse é o modelo padrão internacional para descrição de uma composição colorimétrica, que parte da indicação dos 3 campos. O mínimo significa escuro, e o máximo, claridade (0 e 1). Quando as 3 cores estão no mínimo, o resultado é o preto e vice-versa. É uma forma de representar a composição desses elementos numa lógica binária, que pode ser interpretada por linguagem de programação (INPE, 2021).

Para a diferenciação entre os modelos propostos, a medição de cores também pode ser entendida pelo modelo $L^* A^* B^*$, definido pela *Commission Internationale L'Eclairage* (CIE), para a medição de cores em um objeto, aplicável a vários campos. O objetivo deste método é aumentar a capacidade de interpretação para se aproximar da percepção humana. Esses

elementos são derivados de valores triestímulos, que dizem quando a quantidade de cores misturadas pode ter resultado variado, de acordo com Fórmula 1 (SHANDA, 2008):

Fórmula 1 – Medição de cores CIE 1976 LAB

$$L^* = 116 f(Y / Y_n) - 16$$

$$a^* = 500 [f(X / X_n) - f(Y / Y_n)]$$

$$b^* = 200 [f(Y / Y_n) - f(Z / Z_n)]$$

$$\text{Onde } f(X / X_n) = (X / X_n)^{1/3} \text{ se } (X / X_n) > (24/116)^3$$

$$f(X / X_n) = (841/108)(X / X_n) + 16/116 \text{ se } (X / X_n) \leq (24/116)^3$$

$$\text{e } f(Y / Y_n) = (Y / Y_n)^{1/3} \text{ se } (Y / Y_n) > (24/116)^3$$

$$f(Y / Y_n) = (841/108)(Y / Y_n) + 16/116 \text{ se } (Y / Y_n) \leq (24/116)^3$$

$$\text{e } f(Z / Z_n) = (Z / Z_n)^{1/3} \text{ se } (Z / Z_n) > (24/116)^3$$

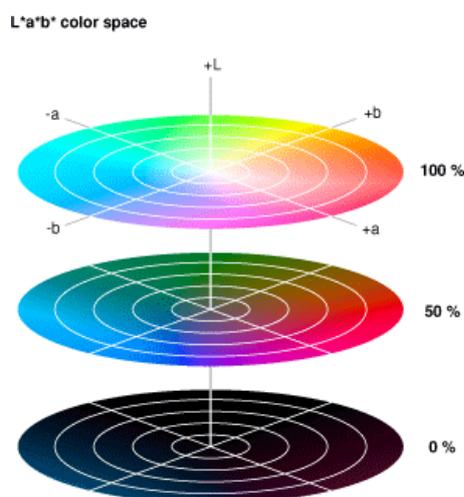
$$f(Z / Z_n) = (841/108)(Z / Z_n) + 16/116 \text{ se } (Z / Z_n) \leq (24/116)^3$$

Fonte: Schanda (2008, p. 61)

A Fórmula 1 representa o modelo CIE 1976 ($L^*a^*b^*$) para cálculo do posicionamento de cores. Neste modelo os valores X, Y e Z são os valores triestímulos de cor do objeto de teste considerado e X_n , Y_n , Z_n são os valores triestímulos de uma cor branca especificada como objeto padrão. Na maioria dos casos, o estímulo da cor do objeto branco especificado deve ter a luz refletida de um difusor perfeitamente iluminado pela mesma luz fonte aplicada no objeto de teste. Neste caso, X_n , Y_n , Z_n são os valores triestímulos da fonte de luz com Y_n igual a 100 (SCHANDA, 2008).

O termo ' L^* ' é entendido como luminosidade para definir a cor entre os pontos claro e escuro. ' $L^*=0$ ' significa preto, e ' $L^*=100$ ' significa branco. O elemento ' a^* ' segue de -90 a +70, indo de verde a vermelho. No negativo, significa estar no esverdeado, e positivo para avermelhado. Finalmente, a ' b^* ' varia de -80 a +100, respectivamente azul e amarelo, novamente com negativos para azul e positivo para amarelo (SCHANDA, 2008). A Figura 9 procura representar a distribuição de cores em uma escala $L^* a^* b^*$.

Figura 9 - Representação esquemática do modelo $L^*a^*b^*$



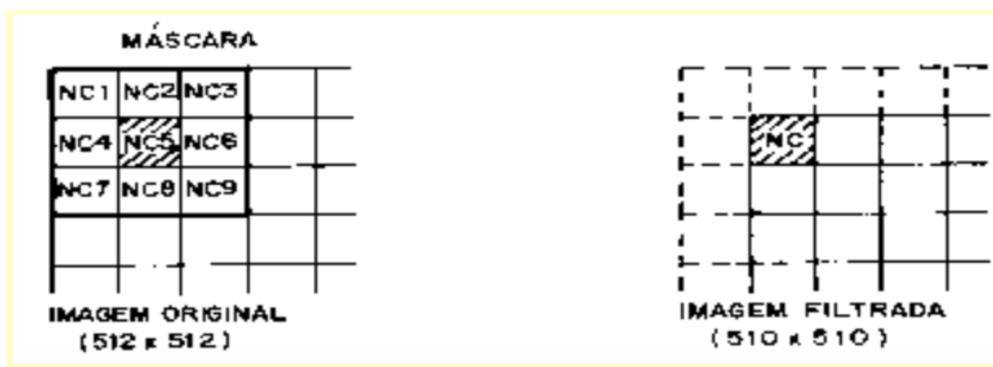
Fonte: Apple Inc (2013, Fig. 4)

A diferença entre os modelos para medição de cores RGB e $L^*a^*b^*$ é que neste os valores previstos demonstram consistência em qualquer dispositivo. O resultado da fórmula será o mesmo, independentemente da tecnologia apresentada, enquanto o modelo RGB tem limitação de fidelidade por *hardware*, o que pode diminuir a resposta do sistema de visão computacional em alguns equipamentos (FEITOSA, 2015).

A filtragem é uma técnica matemática utilizada para remover das imagens elementos poluidores, ou seja, ruído. Pode realçar contornos e tornar a imagem mais compreensível. O ruído é a distorção ou falta de clareza que torna a imagem incompreensível ou poluída, dificultando a sua interpretação. Para sistemas de visão computacional, existem várias dinâmicas de filtragem, e não cabe a presente pesquisa mergulhar nesse tema, mas a título de definição do funcionamento do presente sistema, cabe diferenciar minimamente o que seria essa ação. Ela pode ser separada em filtro linear, que ajuda na suavização e realce de detalhes, sem alterar o nível médio de cinza, ou em filtro não linear, que transforma a imagem sem a garantia da manutenção do nível de cinza da imagem original (SALDAÑA *et al.*, 2013).

A etapa de filtragem remove os elementos poluentes e ajuda a definir o que se está buscando com maior nitidez. O objetivo é extrair da imagem as informações irrelevantes, ou ruídos (FEITOSA, 2015). Na Figura 10 é apresentada uma forma rudimentar de filtragem por meio do uso de máscara.

Figura 10 - Funcionamento do filtro



Fonte: INPE (2021)

O processo de segmentação consiste em decompor uma imagem em diferentes áreas de interesse, com o objetivo de facilitar a análise da imagem. Contudo, por ser extremamente dependente do contexto a ser analisado, a segmentação pode ser considerada como um dos processos mais difíceis na área de Processamento Digital de Imagens (GONZALEZ; WOODS, 2002).

Durante a segmentação de imagens, faz-se necessário controlar o ambiente de captura. Os grandes contrastes, presentes em ambientes controlados, facilitam a interpretação de imagens, ambientes externos, em geral, apresentam mais dificuldades para registros, pois estão sujeitos a maior variação de luminosidade. Além disto, a existência de sombras, ou movimento, altera alguns aspectos da imagem, tendendo a passar uma falsa impressão acerca da região a ser segmentada. Conforme demonstrado no manual do sistema Aetrapp.org, elementos importantes para a fotografia das amostras são a indicação de etapas e formas de fotografar as amostras (PERES, 2010).

A limiarização de uma imagem $f(x, y)$ consiste na seleção de um limiar T , que a separe em dois grupos: o objeto/região de interesse e o *background*, ou ponto de fundo da imagem. Assim, denomina-se ponto de objeto cada ponto (x, y) tal que $f(x, y) > T$; caso contrário, o ponto é denominado um ponto do *background*. T é chamado de ponto de corte ou limiar. Encontrar o ponto de corte ideal para diferentes imagens é um problema complexo de processamento de imagens. Ele deve ser capaz de separar perfeitamente o objeto e o *background* da imagem (FLEURY; TRIGO; MARTINS, 2009).

Agrupamento (*clustering*) é o processo de divisão de dados em grupos disjuntos denominados *clusters*, associados por similaridade. Isso significa que dados em um mesmo *cluster* são mais similares do que dados pertencentes a *clusters* diferentes. O agrupamento de dados é importante no aprendizado e compreensão deles. O ato de agrupar pode ser definido

também como um problema de aprendizado não-supervisionado, já que a estrutura dos dados e as propriedades que os tornam similares são desconhecidas (FLEURY; TRIGO; MARTINS, 2009).

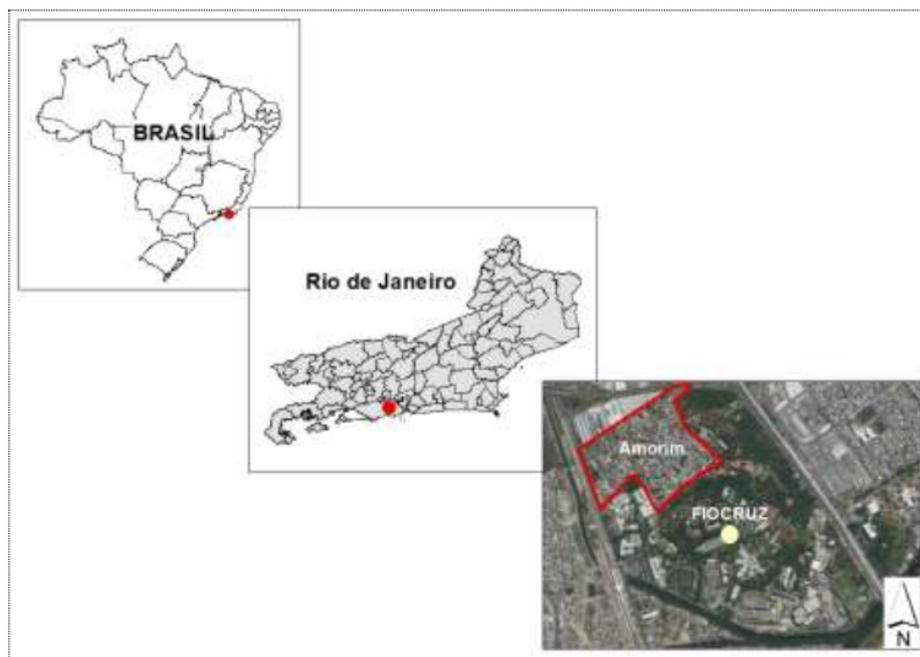
2.3 O SISTEMA AETRAPP.ORG SOB A WWF-BRASIL

O modelo de aetrampas, proposto pelo sistema Aetrapp.org, em análise, foi originalmente testado em cooperação técnica entre a WWF-Brasil e a Fundação Oswaldo Cruz. Trata-se de uma iniciativa da FIOCRUZ/NOSMOVE, que realizou estudos comparativos entre armadilhas de oviposição clássicas, que são compostas de vaso preto, palheta de madeira em infusão de grama; e as aetrampas, compostas por garrafa PET cortada em altura de 12 cm, água de torneira e palheta de papel aquarelável de 300 g/m².

A palheta é afixada por dois cliques de papel e uma tira plástica, utilizada para evitar manchas, a fim de facilitar o reconhecimento de imagem. No experimento descrito, foram testados 99 domicílios, distribuídos em 3 grupos de estudo. Na sua fase conceitual, a armadilha não recoberta por material escuro apresentou baixa atratividade, quando comparada à tradicional, atraindo apenas 3% dos ovos de *Aedes aegypti*. Inicialmente, o experimento não utilizara feno como atrativo (HONORIO et al 2017).

Originalmente a proposta mais básica da aetrampa não levava em consideração a recomendação de habitat escuro para oviposição da fêmea do mosquito. A recomendação de escurecer a armadilha com fita isolante foi validada em experimento realizado no Parque Oswaldo Cruz, no bairro de Manguinhos, Rio de Janeiro, em 2017, pela FIOCRUZ, conforme Figura 11. Tal estudo validou as ovitrampas tradicionais como controle, e o modelo proposto de aetrampa (HONORIO et al, 2017).

Figura 11 – Mapa com localização do Parque Oswaldo Cruz, – RJ



Fonte: HONORIO et al (2017)

Para tanto, foi realizada uma avaliação, pelo Núcleo Operacional Sentinela de Mosquitos Vetores da Fundação Oswaldo Cruz (NOSMOVE/FIOCRUZ comparando...

...ovitrampas clássicas (vaso preto, palheta eucatex e infusão de feno) e a AeTrapp (garrafa PET cortada em altura de 12 cm, água de torneira, palheta de papel Canson, presa por dois cliques e uma tira plástica). Nessa avaliação foram desenhados três cenários, com 33 domicílios em cada um, totalizando 99 domicílios. Apenas 3% do total de ovos de *Aedes* spp. foi obtido pela AeTrapp (JULIÃO, 2018, p. 2).

Numa segunda etapa, após estudos comparativos realizados pelo NOSMOVE / FIOCRUZ, a WWF e a equipe adaptaram a aetrampa (inicialmente referida pelo mesmo nome do Projeto, “AeTrapp”), evoluindo para o modelo recoberto por fita isolante, tornando-a escura, e criando um dispensador de feno, para aproximar a atratividade ao modelo tradicional (JULIÃO, 2018).

A armadilha foi testada, e obteve uma maior quantidade de ovos de *Aedes* spp. em evento de amostragem, no piloto do Projeto conduzido em Rio Branco, estado do Acre. A equipe notou a necessidade de uma nova avaliação da aetrampa. Tais observações originaram a seguinte demanda:

- a Comparação da nova versão da armadilha aetrampa com outras armadilhas de oviposição em condições de campo;
- b Avaliação de registros pictóricos de ovos em palhetas em diferentes condições, para Validação de Algoritmo (número de ovos, com e sem flash, fundos e marcas de aparelho celular diferentes);
- c Teste de Substratos de Oviposição (alternativos ao papel Canson). - Esta última demanda foi executada pelo Laboratório de Entomologia da Fiocruz Rondônia, situada em Porto Velho, no período de setembro a dezembro de 2017. Houve a realização de estudo comparativo de armadilhas na área urbana da referida cidade, além de ensaios em condições de laboratório.

Conforme o observado pelos pesquisadores:

[...] o novo modelo AeTrapp apresentou um incremento de 10,3% na aquisição de ovos de *Aedes* spp.; perda de armadilhas foi pequena: 0,57% para AeTrapps e 1,41% para Ovitrapas; houve uma correlação moderada, positiva e significativa (Pearson's $r=0.67$, $p\text{-uncorr}=0.004$) entre as quantidades de ovos obtidas AeTrapp e Ovitrapa; houve um aumento na amplitude de variação da razão entre o número de ovos em AeTrapps e Ovitrapas ao longo da sequência temporal, que variou 4,5 a 10,8, com proporção média de 6,6 [...] (JULIÃO, 2018, p. 34).

Além disso, a quantidade de ovos coletados pela aetrampa no cenário de testes, que considerou domicílios contendo exclusivamente este tipo de armadilha, não diferiu significativamente das mesmas no cenário de domicílios com aetrampas, combinadas às ovitrapas tradicionais (JULIÃO, 2018).

No primeiro semestre de 2018, foi realizado um experimento piloto em Recife, que objetivava validar tanto a armadilha aetrampa (vs.2) quanto o Monitoramento Cidadão de mosquitos *Aedes*. Assim, o estudo teve início em abril e com duração de três meses, foi executado em parceria e acompanhamento da Secretaria de Saúde do Recife, através do Centro de Vigilância Ambiental. A partir de dados prévios da prefeitura do Recife foram selecionados bairros dentro do Distrito Sanitário 3, escolhidos para avaliar o uso da ferramenta com grupos focais distintos, a partir de suporte pedagógico apoiado em cartilha desenvolvida pelo Instituto Paulo Freire. O objetivo do projeto foi avaliar os índices de infestação, assim como as vantagens e ajustes necessários (SCATOLINI; CECCON; COUTO, 2018).

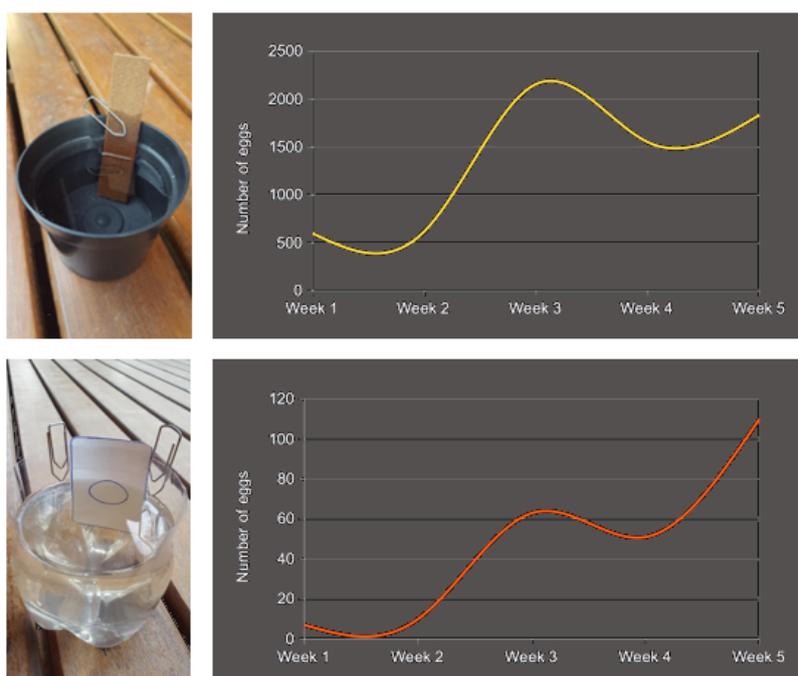
Para comparação entre a aetrampa e ovitrapas tradicionais, em experimento de 16 semanas nos Bairros de Porto Velho e Rondônia, foram colocadas 120 aetrampas e 120 ovitrapas tradicionais. No experimento em questão, chegou-se a 452 mil ovos removidos,

havendo variação entre o número de ovos obtidos nos dois tipos de armadilha. A razão entre o número de ovos registrados em ovitrampas e armadilhas aetrampas variou entre 4,5 e 10,8 respectivamente (JULIÃO, 2018).

O experimento de Rondônia testou uma hipótese em três cenários: no cenário A, domicílios recebiam apenas aetrampas; no cenário B apenas ovitrampas tradicionais e no cenário C cada local recebia um par de armadilhas.

O mesmo cenário foi analisado em experimento de campo no bairro de Manguinhos/RJ, em protótipo preliminar da aetrampa, ainda sem a cobertura de fita isolante, cuja curva de tendência encontra-se representada na Figura 12. Apesar da baixa atratividade da versão testada, possivelmente por não oferecer sombreamento como recomendado, observa-se equivalência na dinâmica populacional (SCATOLINI; CECCON; COUTO, 2018).

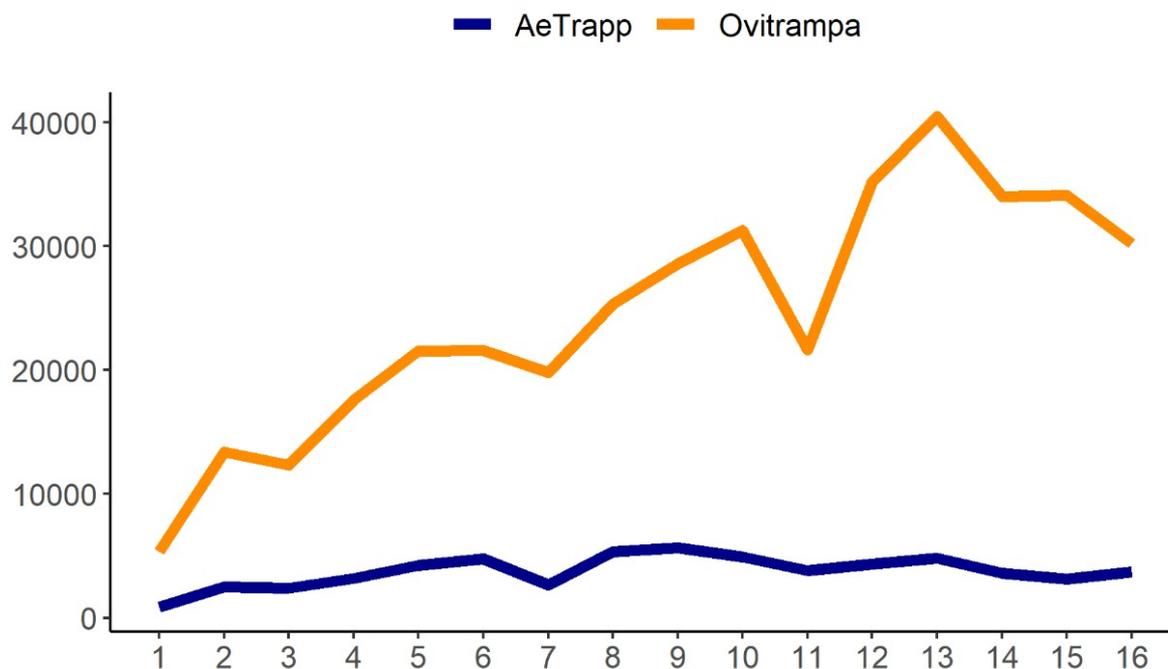
Figura 12 - Curva de tendência ovitrampa tradicional e aetrampa (RJ)



Fonte: Elaboração própria, a partir de HONORIO et al (2017)

A comparação entre os números de ovos coletados em ambas as armadilhas, durante o mesmo período de observação evidencia a efetividade do protótipo da aetrampa. Na Figura 13, entretanto, está representada a diferença de desempenho na coleta de ovos de *Aedes* entre os dois modelos. As armadilhas ovitrampas tradicionais mostraram uma capacidade média de coleta 6,6 vezes superior às aetrampas sem cobertura.

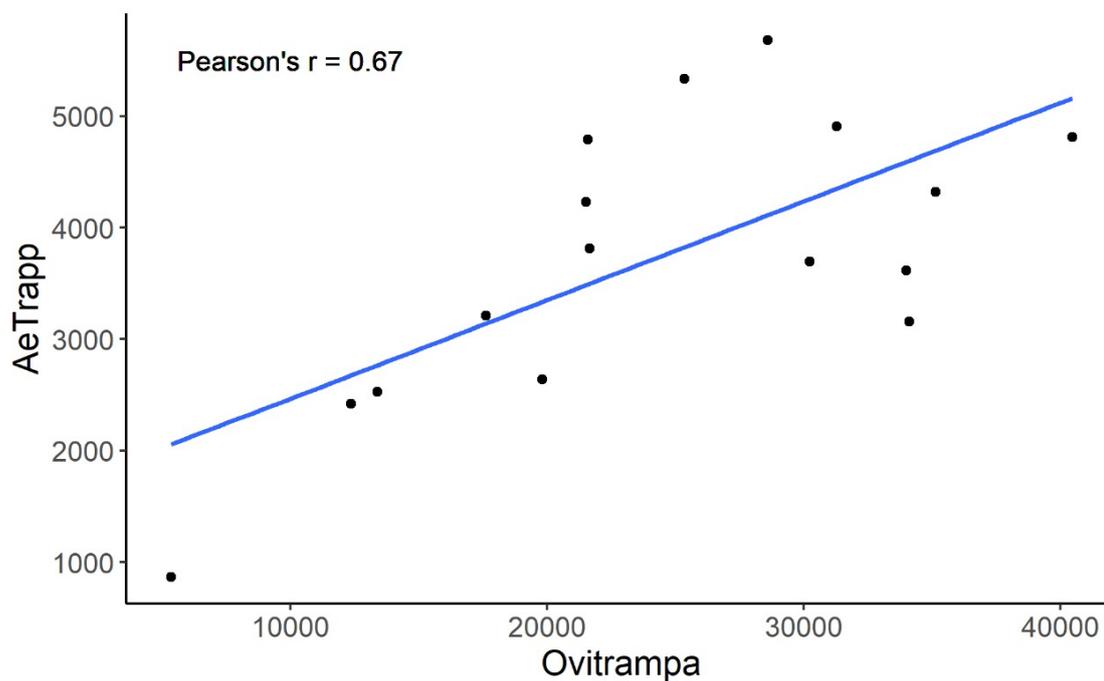
Figura 13 - Comparação do Número Total de ovos coletados entre aetrampas e ovitrampas tradicionais no período de 16 semanas.



Fonte: Elaboração própria a partir de Julião (2018, p. 22)

A variabilidade na coleta de ovos de mosquitos pela armadilha aetrampa, em comparação com a ovitrampas tradicionais, evidencia que aquela metodologia possui capacidade de amostragem correlacionada positivamente com a ovitrampas, conforme pode ser visualizado na Figura 14:

Figura 14 - Número escalonado de ovos coletados por aetrampa (AeTrapp) e ovitrampas tradicionais por semana de monitoramento



Fonte: Elaboração própria a partir de Julião (2018, p. 22)

As comparações entre os resultados das coletas realizadas com ambas as armadilhas, representadas nas figuras 13 e 14, serviram de base para a presente proposta de avaliação da viabilidade tecnológica do sistema Aetrapp.org, aplicado ao monitoramento de *Aedes aegypti*, demonstrando uma concordância dos dois métodos no geral, positiva e significativa (Pearson's $r=0.67$).

Para tanto, utilizaram-se ovitrampas associadas a um sistema integrado de contagem por visão computacional. A detecção da variação entre um número maior ou menor de ovos registrados, na pesquisa de campo em 2018 possibilitou estruturar modelos amostrais, orientados para facilitar a compreensão dos possíveis efeitos competitivos entre as armadilhas, potencialidades e limites de cada abordagem.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa visa aprofundar o conhecimento e fornecer evidências empíricas sobre a assertividade comparada da aplicação de armadilhas caseiras para mosquitos do tipo aetrampa, associadas à contagem de ovos por meio de análise de imagens digitais. Procura-se, portanto, fornecer respostas para problemas do mundo real e gerar novos conhecimentos (APAOLAZA; LIZARRALDE; OYARBIDE-ZUBILLAGA, 2020).

Sua abordagem é exploratória e descritiva, recorrendo a uma base empírica, incluindo observações relatadas por estudiosos e profissionais, podendo ser classificada como um método de pesquisa-ação comparativa, visto que também busca alterar a realidade por meio da produção e difusão de novas e melhores técnicas para controle de riscos sanitários associados ao mosquito *Aedes aegypti*. Trata-se de uma variante do estudo de caso, abordagem frequentemente usada em pesquisas que envolvem gerenciamento de operações e requer que os investigadores participem das atividades de pesquisa, influenciando assim a tomada de decisão e os resultados (APAOLAZA; LIZARRALDE; OYARBIDE-ZUBILLAGA, 2020). O ciclo de pesquisa aqui aplicado contempla as seguintes etapas:

- a Antecedentes e objetivo: esta etapa preliminar, realizada anteriormente, trata da lógica básica da pesquisa, abordando aspectos como seu interesse, adequação do método e contribuição ou resultados esperados.
- b Definição do problema: a partir da definição dos objetivos e análise do contexto levantado anteriormente, é especificada a questão norteadora dos trabalhos de pesquisa. Para este caso, a partir do objetivo geral anteriormente apresentado, definiu-se como problema de pesquisa: - Qual o nível de viabilidade tecnológica do sistema Aetrapp.org, a partir da utilização do sistema, em comparação com ovitrampas tradicionais?
- c Definição da metodologia: a abordagem foi definida como pesquisa-ação comparativa (APAOLAZA; LIZARRALDE; OYARBIDE-ZUBILLAGA, 2020).
- d Monitoramento: esta é uma meta etapa. O monitoramento é uma atividade contínua aplicada em todas as fases de pesquisa. Conforme Apaolaza; Lizarralde; Oyarbide-Zubillaga (2020), ele fornece informações importantes para entender o que aconteceu e como aconteceu ao longo do processo, corrigindo as falhas e apontando mudanças de curso nas atividades da pesquisa.
- e Coleta de dados: O pesquisador participa diretamente ao observar e compor as condições necessárias para a constituição dos dados e informações geradas.

- f Análise de dados: os pesquisadores participantes do estudo de caso analisam as informações resultantes, em busca de um conhecimento aprofundado sobre o problema de pesquisa e suas possíveis soluções.
- g Plano de ação: Os resultados da análise a serem implementados requerem recursos e apoio das organizações envolvidas, cabendo a agentes externos à pesquisa optar, ou não pelas últimas fases da pesquisa, que seriam a implementação e avaliação das soluções apontadas.

O produto esperado como resultado desta pesquisa é um plano de ação que aponte os pontos críticos, potencialidades e soluções para implementação e melhoria do sistema Aetrapp.org pelos atores envolvidos.

3.1 COLETA DE DADOS

3.1.1 Levantamento Cientométrico e Patentário

Os dados bibliográficos foram coletados a partir de revisão narrativa (ROTHER, 2007), fundamentada em artigos e documentos disponibilizados em plataformas de sistemas científicos e patentários nele abrigadas. Para a busca de artigos científicos, foram utilizadas as bases *Web of Science* (CLARIVATE, 2021), e *Scopus* (SCImago 2021), acessadas a partir do portal de periódicos da CAPES. Para tanto, foram utilizadas palavras-chave :armadilha, mosquito, Aedes e os seguintes termos de busca, em inglês: mosquito, *trap*, *control*, os operadores booleanos and & or. Para o levantamento patentário, o Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), o Escritório Europeu de Patentes (Espacenet) e a base da *World Intellectual Property Organization* (WIPO). As patentes foram compiladas utilizando a ferramenta de planilhas eletrônicas Google Sheets, para a tabulação dos resultados e geração de gráficos, utilizando-se como ferramenta de compilação a plataforma *Patent Inspiration* (AULIVE SOFTWARE NV, 2021), buscando na Espacenet (EUROPEAN PATENT OFFICE, 2021) e Wipo.

Foram identificados códigos compatíveis com as temáticas a partir da Classificação Internacional de Patentes (CIP), correspondentes ao objetivo da busca: A01P 7/04 (Artropodícidas; Insetícidas) e A01M 1/10 (Meios fixos para capturar ou matar insetos; Armadilhas). O operador booleano (AND) e o operador de truncagem (*) foram utilizados na ferramenta de pesquisa avançada para filtrar palavras-chave no título e no resumo, com o intuito de encontrar possíveis derivações das palavras selecionadas.

A fim de limitar as tecnologias disponíveis para comparação, em relação a armadilhas voltadas para o controle e registro de populações de *Aedes e aegypti*, foi realizada busca pelos termos básicos elencados, no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI, 2021) e Espacenet, das palavras <*Aedes AND aegypti*>. No INPI foram encontrados 116 resultados de patentes, enquanto a busca no Espacenet resultou em 135 patentes.

Após a inserção do termo <*trap*>, a rede *Espacenet* encontrou 4 resultados. A adição do termo na busca no INPI resultou em 0 instâncias do termo na língua inglesa, enquanto a utilização de <*Aedes AND aegypt AND armadilha*> resultou em 28 ocorrências. A tentativa em língua inglesa se deu no sentido de ampliar o universo de busca e comparar com resultados de patentes brasileiras. Já a inclusão do termo <*control*> na *Espacenet* trouxe 23 ocorrências, o que pode denotar um foco diferente no direcionamento patentário.

Na base WIPO, utilizando o *patentscope* (WIPO, 2021), os termos <*Aedes AND aegypti*> trouxeram 17.819 resultados. O mesmo recorte suscitado nas outras bases, inserindo <*control*> após os supracitados termos, trouxe uma diminuição para 15.496 ocorrências. Já os termos *Aedes <aegypti AND trap>*, mostraram 2.376 exemplos de patentes. Utilizando o código <A01M> após <*Aedes aegypti AND control*> limitou o resultado da busca para 351 patentes. A troca deste código pelo <A01P 7/04> trouxe 1.469 resultados.

As análises comparadas de aplicabilidade dos dispositivos à finalidade de monitoramento de populações de mosquito, reforçam a seleção do modelo aqui proposto, de ovitrampas com palhetas para oviposição, destinados à coleta de ovos, chamado genericamente de ovitrampas, livre de patente. Esse modelo de armadilha (Figura 15) tem sido considerado o mais adequado para realização de pesquisas que envolvam a contagem de ovos de *Aedes aegypti* (GOMES *et al*; BRASIL, 2014; MENESES, 2014; JULIÃO, 2018).

Conforme Gomes *et al.* (2007) trata-se de uma tecnologia com alta sensibilidade para detecção de mosquitos mesmo em períodos com baixos índices pluviométricos. Outrossim, é uma técnica de baixo custo, de fácil manuseio e com informações de campo disponíveis.

Figura 15- Modelo genérico de ovitrampas (tradicional), utilizado como base para a comparação, conforme PNCD



Fonte: Meneses (2014, p. 1).

3.1.2 Estudo comparativo entre ovitrampas tradicionais e aetrampas

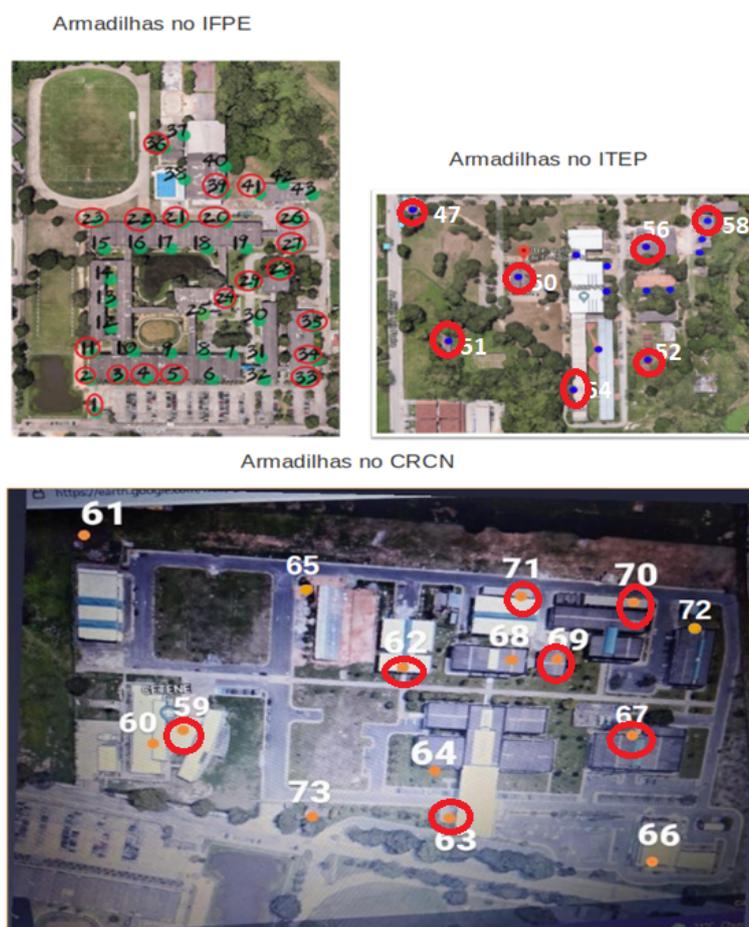
Para análise da viabilidade do modelo proposto pelo sistema Aetrapp.org, que envolve armadilhas de construção caseira, georreferenciamento e registro de palhetas por *smartphones*, estas foram comparadas com os dados colhidos a partir de ovitrampas tradicionais do Centro de Vigilância Ambiental (CVA), da Secretaria de Saúde da Prefeitura de Recife.

Para realização distribuição dos dois tipos de armadilhas foram selecionadas três áreas de *campi* científicos, a saber: *Campus* Recife do IFPE, o ITEP e o CRCN/CETENE (Figura 16), como parte de uma parceria estabelecida com o CVA. Nesses locais já existiam ovitrampas tradicionais, pré-instaladas pelo CVA e georreferenciadas por pesquisadores do IFPE, para monitoramento de *Aedes aegypti*, sendo o número de 43 ovitrampas no *Campus* Recife do IFPE, 15 no ITEP e 15 no CRCN/CETENE. O período de coleta de ovos e monitoramento da infestação se estendeu de agosto de 2019 até fevereiro de 2020.

A disposição das armadilhas foi efetivada no perímetro predial das instituições mencionadas, em locais sombreados e protegidos, com altura de no mínimo 1 metro do solo, para atender às recomendações para garantia de atração das fêmeas de *Aedes* (SANTOS, 2008).

Foram confeccionadas, instaladas e monitoradas 35 aetrampas nas instituições escolhidas (21 IFPE, 07 ITEP e 7 – CRCN/CETENE), substituindo parte das ovitrampas tradicionais já existentes e mantendo as demais pré-instaladas. A decisão de quais ovitrampas seriam substituídas ocorreu por meio de um sorteio randomizado realizado no site sorteador.com.br. As posições das armadilhas estão representadas nas imagens da Figura 16, com as aetrampas circuladas:

Figura 16 - Localização das armadilhas utilizadas para comparação



Fonte: elaboração própria (2021), por meio de Google Maps e colaboradores

3.1.3 Confeção das aetrampas

Seguindo o modelo de armadilhas tradicionais, ambiente de plástico de cor preta, com capacidade de 500ml, utilizado pelo CVA e pelas diretrizes nacionais para a prevenção e controle de epidemias de Dengue (BRASIL, 2009), assim como o Caderno Pedagógico desenvolvido pelo Aetrapp.org, foram confeccionadas 35 aetrampas, posteriormente instaladas em pontos estratégicos do IFPE - *Campus Recife*, ITEP e CRCN (Figura 16), a fim de melhor atender às expectativas de monitoramento e controle da infestação do mosquito. As ovitrampas tradicionais foram montadas a partir de detalhamento pelo CVA: vaso de plantas médio preto, palhetas de madeira fornecidas pelo CVA, cordão, clipe de papel grande e infusão de graminea (Figuras 15 e 17) (SCATOLINI, 2018).

As aetrampas foram montadas segundo as diretrizes do Caderno Pedagógico do projeto, disponíveis no sítio digital Aetrapp.org (SCATOLINI; CECCON; COUTO, 2018). A composição da aetrampa, após ajustes, está representada na Figura 17, sendo composta por: garrafas PET de 2 litros, fita isolante preta, moeda de 1 real indicada para realizar o círculo nas palhetas de papel das aetrampas, barbante, papel aquarelável (Canson, 300 g/m²), 2 cliques de papel pequenos, porção de grama, tesoura e infusão de gramínea.

Figura 17 - Componentes das aetrampas em comparação com o modelo tradicional



AeTrapp

ovitrampas

Fonte: aetrapp.org (2021)

3.1.4 Coleta de palhetas e contagem de ovos das ovitrampas

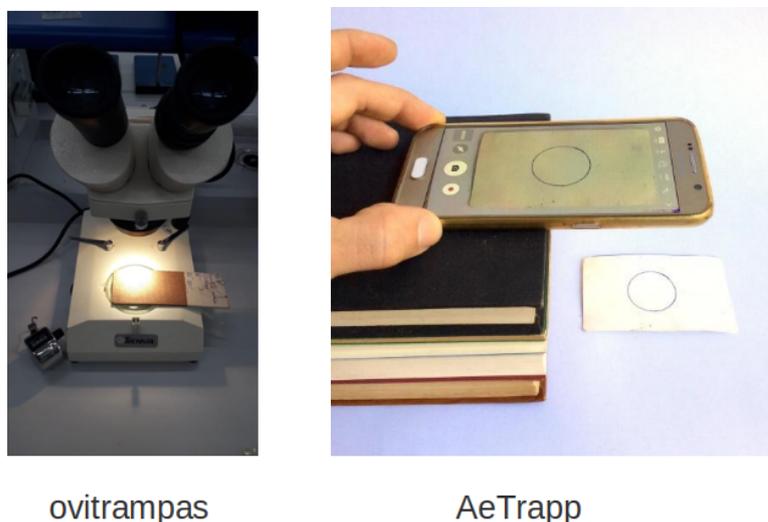
Os experimentos relacionados aos temas de pesquisa do Instituto Federal de Pernambuco foram realizados em cooperação com o Centro de Vigilância Ambiental, divisão da Secretaria de Saúde municipal do Recife-PE, responsável pelo acompanhamento e controle de arboviroses, e Fundação Oswaldo Cruz, instituição de referência em pesquisas de arboviroses.

Nos ciclos de monitoramento das ovitrampas houve a realização de trocas de palhetas, água e reaplicação do larvicida *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti). As palhetas coletadas foram postas para secar em temperatura ambiente e levadas à contagem segundo método descrito por SILVA (2009), o Sistema de Contagem Tradicional (SCT), com uma lupa estereoscópica e com o auxílio de um contador manual para registrar a quantidade de ovos

contidos nas palhetas. Os ovos dispostos nas palhetas eram contados, gerando dados que alimentavam o Sistema de Informação Geográfica na Web (SIGWEB), possibilitando uma análise espaço/temporal dos focos de *Ae. aegypti* nos territórios mencionados.

Assim como para as ovitrampas, em cada troca de ciclo, havia a manutenção das aetrampas e a substituição das palhetas, da água e a reaplicação do larvicida. As palhetas de papel de gramatura 300g/m² foram coletadas e postas para secar em temperatura ambiente para ter ovos fotografados e contados pelo pesquisador, por meio de registro fotográfico por *smartphone* e submissão das imagens ao banco de dados do sistema Aetrapp.org, através do aplicativo (Figura 18).

Figura 18 - Métodos de Contagem – leitura de palhetas



Fonte: Aetrapp.org (2021).

3.1.5 Determinação dos índices entomológicos

Para viabilizar a comparação do desempenho dos dois métodos de coleta de informações entomológicas sobre ovos de *Aedes aegypti* foi calculado, monitorado e registrado o Índice de Positividade das Ovitrapas (IPO), que relaciona a quantidade de armadilhas com presença de ovos e a quantidade de armadilhas examinadas em cada grupo coletado. Além deste, também foi acompanhado o Índice de Densidade de Ovos (IDO), referente à relação entre o número total de ovos contados e o número total de armadilhas positivas (apresentaram no mínimo um ovo inteiro ou com opérculo rompido) em cada grupo coletado (GOMES, 1998). Também foi levantada a contagem do Número Médio de Ovos (NMO), que estima o número médio de ovos por ovitrampa, calculado a partir da razão entre o total de ovos coletados e o total de armadilhas utilizadas, incluindo positivas e negativas.

Os cálculos dos índices utilizados para comparação da eficácia das armadilhas estão representados nas Fórmulas 2, 3 e 4:

Fórmula 2 – Índice de Positividade das Ovitrapas (IPO)

$$IPO = \frac{Np}{Na} \text{Onde:}$$

Np = Número de armadilhas positivas por coleta

Na = Número de armadilhas examinadas por coleta

Fonte: Gomes (1998, p. 51)

Fórmula 3 –Índice de Densidade de Ovos (IDO)

$$IDO = \frac{No}{Np} \text{Onde:}$$

No = Número de ovos contados por coleta

Np = Número de armadilhas positivas por coleta

Fonte: Gomes (1998, p. 51)

Fórmula 4 –Número médio de ovos (NMO)

$$NMO = \frac{No}{Ov} \text{Onde:}$$

No = Número de ovos totais

Ov = Número de ovitrapas totais

Fonte: adaptado de Gomes (1998)

Observa-se, como ressalvas, que as armadilhas sem atrativos orgânicos, ou bioquímicos, apresentam sistematicamente menores densidades de ovos, bem como aquelas elaboradas em recipientes transparentes. Outrossim, as palhetas de papel aquarelável se mostram sistematicamente menos atrativas para as fêmeas do inseto do que as palhetas de madeira, de forma que os números absolutos de ovos contados em cada armadilha precisam ser relativizados, em função das capacidades específicas de captura de cada armadilha.

Segundo Manica *et al.* (2017), o número de ovos, ou a positividade das armadilhas, não são indicadores suficientes para estimar o risco de transmissão de arbovirose, sendo assim, considerou-se também a comparação entre diferentes metodologias de contagem e tipos de armadilha para ovos como uma forma de aumentar a efetividade das estimativas sobre esse tipo de risco sanitário.

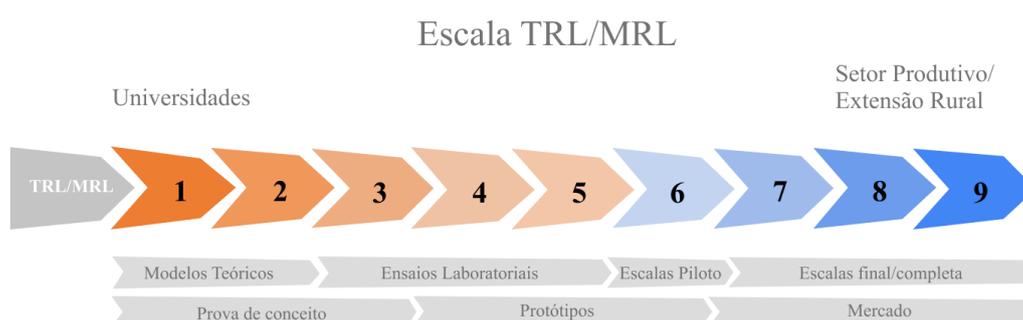
Não obstante, para os autores, a medição do número de ovos é um preditor confiável do número de mosquitos fêmeas adultas da espécie *Aedes albopictus*. Foram encontrados intervalos de confiança muito amplos naquele estudo, realizado na Itália. Ainda assim, os pesquisadores constataram um total de 83,1% de ovitrampas positivas em 644 coletas. A correlação de Pearson foi significativa e positiva entre o número médio de fêmeas e o número médio de ovos.

A partir de tais constatações, considera-se como suficiente a distribuição randômica de 35 armadilhas aetrapas em três sítios de estudo diferentes, a fim de estimar os riscos de transmissão de arboviroses na região.

3.2 COMPARAÇÃO ENTRE ESTRATÉGIAS E MATURIDADE TECNOLÓGICA DOS SISTEMAS

A comparação entre os níveis de maturidade das tecnologias ovitrampas e aetrapas se desenvolveu a partir da avaliação de nove requisitos, dispostos no *framework* de avaliação (Figura 19), aplicados aos dados presentes nos relatórios técnicos avaliados e na literatura de referência (HONORIO et al 2017; VELHO *et al.*, 2017; JULIÃO, 2018; DINIZ, 2021).

Figura 19 - Framework de comparação dos níveis de maturidade das tecnologias



Fonte: Elaboração própria a partir de Diniz (2021, p. 1)

A análise de maturidade tecnológica tem sido amplamente utilizada para avaliar os riscos de investimento em pesquisa e desenvolvimento de serviços e produtos. No âmbito da

viabilidade comercial são avaliadas três fases: a prova de conceito, prototipagem e mercado. Em relação aos aspectos produtivos são analisados os aspectos relativos à modelagem teórica, ensaios laboratoriais, escalas piloto e final de produção (DINIZ, 2021).

Os nove critérios de comparação aplicados nesta pesquisa dizem respeito aos princípios básicos da tecnologia, conceituação tecnológica, teste de conceito (crítico ou analítico), validação laboratorial, simulação, prototipagem simulada, prototipagem operacional, qualificação do sistema e aprovação operacional do sistema (VELHO *et al.*, 2017).

A tecnologia ovitrampa encontra-se na fase oito de maturação, correspondente à superação do nível crítico de conceito e aplicação de testes laboratoriais volumétricos, prototipagem simulada e operacional assim como a realização de pesquisas e aplicação do projeto em campo durante pilotos prévios e o atual.

As considerações utilizadas para avaliar a maturidade das tecnologias se fundamentam em investigação bibliográfica e exploratória de outros tipos de armadilhas com estratégias similares às aplicadas no sistema em análise (BRASIL, 2014; MANICA *et al.*, 2017; JULIÃO, 2018).

O nível de maturidade tecnológica pode ser considerado como

[...] uma ferramenta consolidada por diversos órgãos e instituições [...] para classificar o estágio de maturação da evolução da tecnologia no País. A métrica é uma ferramenta que pode ser usada tanto para comparar tecnologias referentes a uma determinada aplicação quanto por órgãos de fomento, para apoiar projetos inovadores já em sua fase pré-competitiva, diminuindo, assim, os riscos dos projetos não chegarem à maturidade de aplicação (NMT 8). Pode auxiliar, ainda, na avaliação de programas de apoio governamental, como indicador na evolução de nível (VELHO *et al.*, 2017, p. 137).

Para análise dos níveis de maturidade das tecnologias de monitoramento da população de *Aedes aegypti*, buscou-se na literatura a experiência prévia de Honório et al (2017), que realizou estudo comparativo prévio na comunidade do Amorim, Manguinhos, Rio de Janeiro, a fim de validar a atratividade das aetrampas. No referido estudo, foram feitas análises a partir das aetrampas instaladas e monitoradas por cinco semanas, assim como entrevistas para avaliar condições socioeconômicas e de infraestrutura sanitária.

Em estudo posterior, coordenado por Julião (2018), o substrato de oviposição de papel canson, apesar de ser um ponto de alguma dificuldade para os usuários, foi testado em diferentes condições de iluminação natural e ambientes de instalação e de registro pictórico. A Fiocruz testou também alternativas para o substrato: EVA Branco, papel sulfite, plástico branco lixado e cartolina escolar. O estudo de campo foi acompanhado por testes em ambientes controlados, em gaiolas em laboratório. As palhetas foram posteriormente submetidas a processamento no algoritmo do sistema Aetrapp.org, o AeIp, disponível em gitlab.com/Aetrapp.

Seus componentes e materiais, conforme as instruções do sítio Aetrapp.org foram testados em campo com a população, a comunidade acadêmica e com os agentes de controle de endemia, no Rio de Janeiro, em Porto Velho e Recife, (HONORIO ET AL, 2017; JULIÃO, 2018).

As aetrampas, ainda no seu modelo mais básico (alfa), conforme a Figura 20, demonstraram atratividade e eficácia comparativa com as ovitrampas tradicionais (HONORIO *et al*, 2017). O modelo revisado, proposto por Julião em 2018, passou por aplicação em campo em contextos reais conforme relatado previamente. O modelo escurecido, demonstrou compatibilidade e eficácia equivalente ao modelo padrão recomendado nas diretrizes nacionais para a prevenção e controle de epidemias de Dengue (BRASIL, 2009; JULIÃO 2018).

Figura 20 - Ovitampa Tradicional (A) e Modelo Alfa (B)



Fonte: HONORIO *et al* (2017); Julião (2018).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo tem como propósito avaliar as informações resultantes dos dados anteriormente coletados para produzir um conhecimento aprofundado sobre o problema de pesquisa e suas possíveis soluções.

4.1 AVALIAÇÃO DE ARMADILHAS ALTERNATIVAS A PARTIR DA BUSCA BIBLIOMÉTRICA E PATENTÁRIA

Para a identificação de métodos de controle e monitoramento alternativos, aplicáveis à população do mosquito *Aedes aegypti*, foi realizado levantamento bibliométrico e patentário, a fim de explorar o estado da arte sobre as principais propriedades das armadilhas utilizadas na captura do inseto. A base de comparação foram os modelos e propriedades elencados pelo Ministério da Saúde, Fundação Oswaldo Cruz e as experiências de mobilização do sistema Aetrapp.org. Os critérios utilizados na análise comparativa das tecnologias foram a facilidade de aplicação, custo, potencial de disseminação e replicação através do conceito de ciência cidadã.

A Figura 21 evidencia a quantidade de artigos científicos associadas ao *Aedes aegypti* depositadas, em função do tempo. A chave de busca utilizada foi <*aegypti and control and trap*> na base Scopus (ELSEVIER, 2021).

Figura 21 - Ocorrência dos termos <*Aedes aegypti* and control and trap> na base Scopus



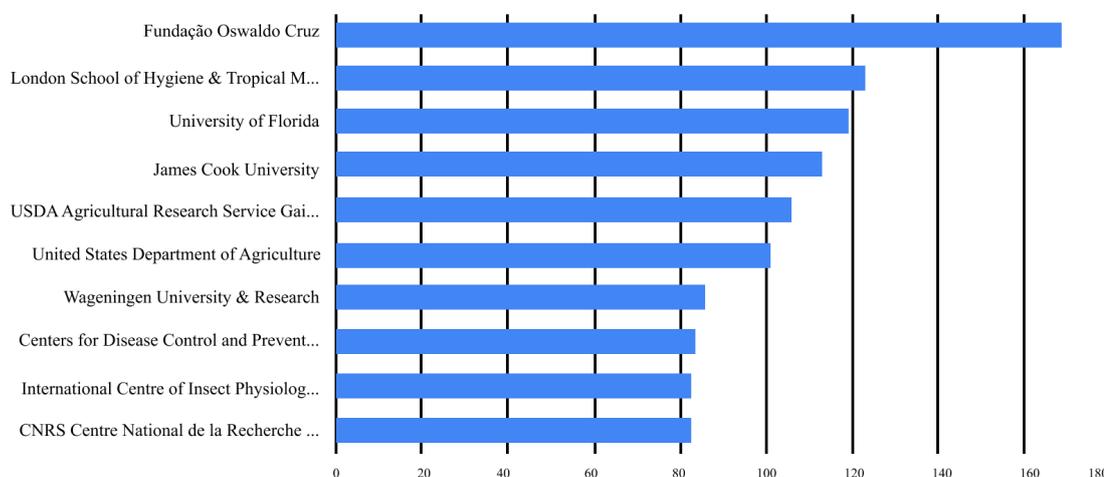
Fonte: Elsevier (2021).

A consulta na base Scopus trouxe 4026 resultados para a chave indicada. O gráfico representado na Figura 21 indica uma estabilidade na produção científica, com poucos documentos disponíveis para consulta até o ano de 1994. Entre os anos 2000 e 2014, observa-se um crescimento acelerado e constante nas publicações associadas ao controle de *Aedes aegypti* por meio de armadilhas.

Ocorre uma nova estabilidade entre 2014 e 2018, na faixa dos 250 documentos por ano, com novo crescimento acelerado entre 2019 e 2020, chegando a 450 pesquisas associadas ao tema. Estes dados evidenciam um crescente interesse da comunidade científica acerca das tecnologias de captura e controle populacional do mosquito.

A fim de especificar as principais origens das produções científicas na área, orientadas para a visão por computador, foi realizada consulta à base Scopus com utilização da chave <*Aedes and Trap and Computer Vision*>. A Figura 22 apresenta as principais afiliações das pesquisas identificadas:

Figura 22 - Resultados das buscas por afiliação na base Scopus

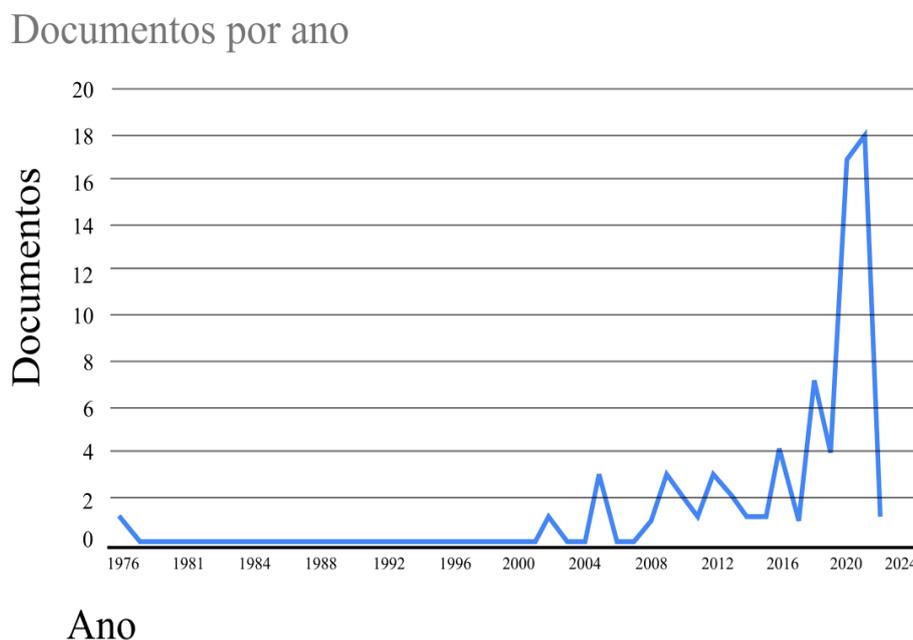


Fonte: Elsevier (2021).

A pesquisa por afiliações para a chave <*Aedes and Trap and Computer Vision*>, na base Scopus, indica a Fundação Oswaldo Cruz como principal centro produtor de pesquisas sobre armadilhas para *Aedes*, associadas à visão por computador, com 169 produções. Além dela, destacam-se a *London School of Hygiene...* e a *University of Florida*, na faixa das 120 produções sobre o tema, indexadas no sistema de buscas.

Na Figura 23 pode ser observado o crescimento do interesse por pesquisas sobre visão computacional associada às armadilhas para *Aedes*.

Figura 23 - Busca Aedes and <Trap and Computer Vision> na Scopus



Fonte: Elsevier (2021).

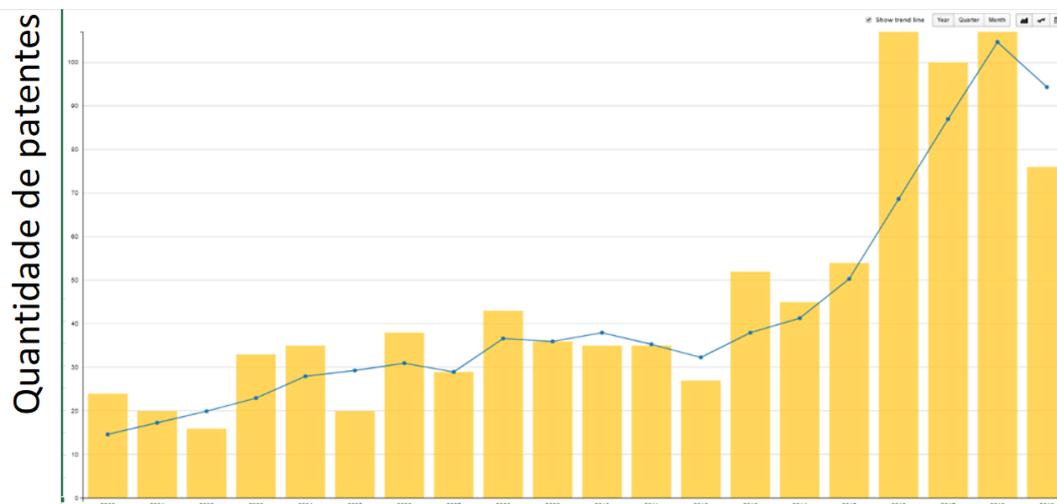
A Figura 23 evidencia o crescimento do interesse por visão computacional para a aplicação em armadilhas a partir de 2004, com forte aumento nas produções científicas a partir de 2016 e pico em 2020.

Para a pesquisa patentária, os códigos selecionados nos mecanismos de busca foram combinados na pesquisa avançada com as palavras-chave. As patentes selecionadas foram processadas e representadas por meio de gráficos, em termos do cenário tecnológico e desenvolvimento da tecnologia (MACEDO; BARBOSA, 2000).

Com os dados processados pode-se então partir para a produção dos resultados dessa prospecção, representados pelos gráficos e textos que traduzem e analisam as informações coletadas. Foram organizadas de acordo com o número de depósitos por ano, país inventor, país aplicante e registro nas bases patentárias.

Uma consulta similar foi realizada na base *Patent Inspiration* (AULIVE SOFTWARE NV, 2021), restringindo os dados para as últimas duas décadas, de forma a produzir a representação disponível na Figura 24:

Figura 24 - Ocorrência dos termos <*Aedes aegypti* and control and trap>



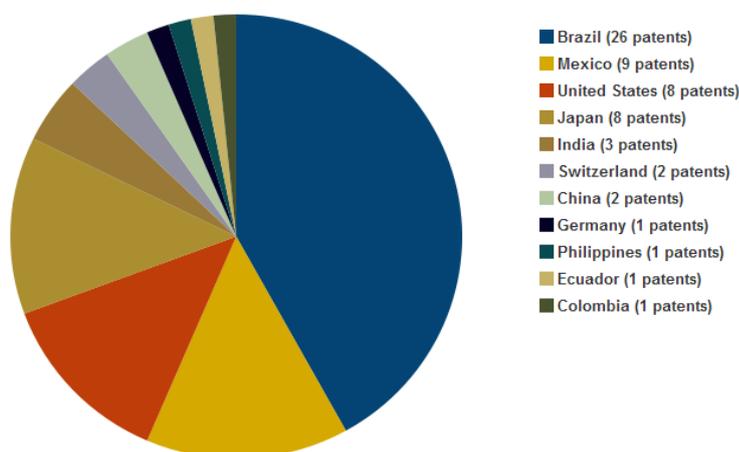
Fonte: Patent Inspiration (AULIVE SOFTWARE NV, 2021).

A representação da Figura 24 sugere uma estabilidade nos pedidos de patentes associadas a armadilhas e controle de *Aedes aegypti* entre 2000 e 2012, na ordem de 30 por ano. A partir de 2013 observa-se um crescimento acelerado nos depósitos, ultrapassando a casa dos 100 pedidos por ano em 2016, com pico em 2018.

Os gráficos representados nas figuras 21 e 22 mostram dentro desses recortes uma explosão das pesquisas, principalmente entre os anos de 2013 e 2018, mostrando um aumento na preocupação com o cenário epidemiológico, aliado a novas demandas e estratégias de monitoramento de vetores do *Aedes aegypti*. O crescimento rápido da produção intelectual na área coincide com a recomendação da utilização de ovitrampas pela FIOCRUZ em 2014 (BRASIL, 2014).

A Figura 25 segmenta os dados de depósitos de patentes por países, a partir da chave de busca <*Aedes aegypti* AND control>, aplicada às bases *WIPO* e *Science Direct*.

Figura 25 - Busca <*Aedes aegypti and control*>, segmentada por países



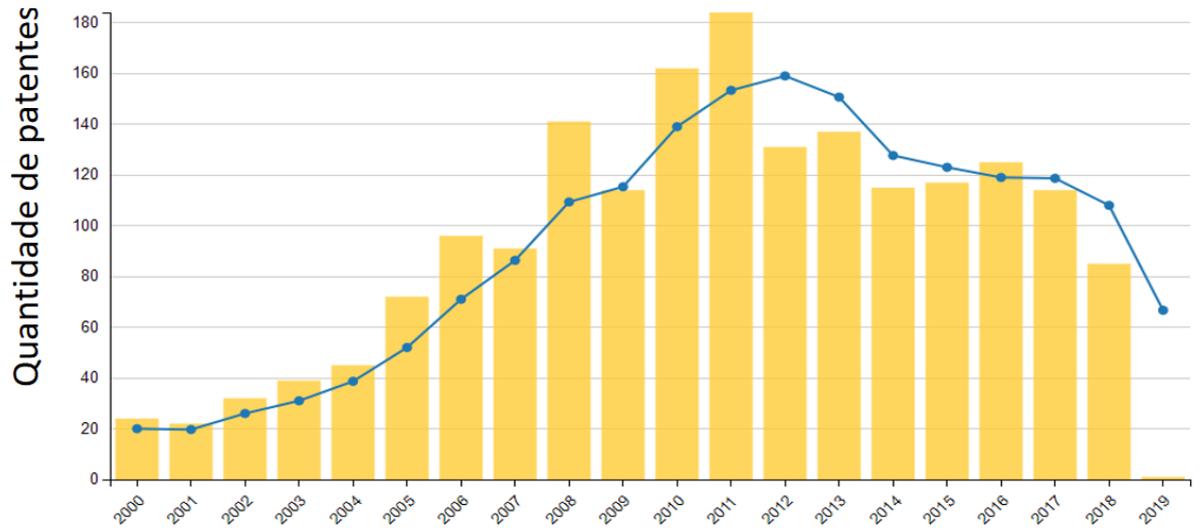
Fonte: *Patent Inspiration* (AULIVE SOFTWARE NV, 2021).

A busca por patentes associadas ao controle de *Aedes aegypti* (Figura 25), com chaves <*Aedes aegypti and control*>, evidencia o protagonismo dos pesquisadores brasileiros nesta área, com 26 patentes apontadas pelo mecanismo *Patent Inspiration*. Além deste, são apontados como principais origens das patentes o México (9 depósitos), Estados Unidos e Japão (8 depósitos cada) desde o ano 2000.

A segmentação por países aponta ainda 259 patentes para os termos <*Aedes and aegypti*>, com 113 delas no Brasil e, na sequência, os Estados Unidos com 34 patentes. O Brasil representou nesse recorte, 43,63% das patentes depositadas.

A ocorrência do termo <*trap*> nos registros patentários sofreu um crescimento acelerado a partir de 2004, com pico no ano de 2011 e posterior declínio, como pode ser observado na Figura 26:

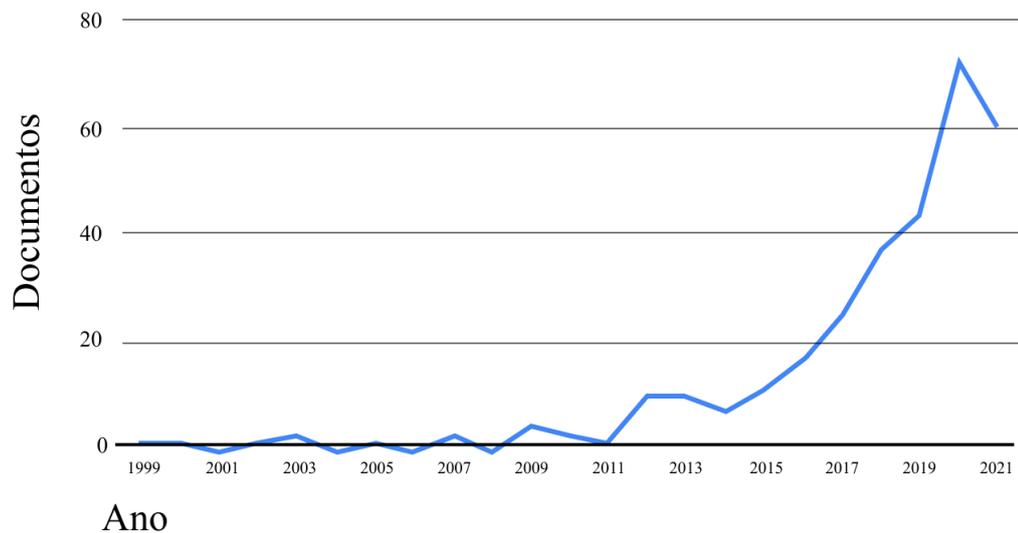
Figura 26 - Evolução histórico-patentária <Aedes aegypti and trap>



Fonte: *Patent Inspiration* (AULIVE SOFTWARE NV, 2021).

Essa redução no interesse em armadilhas, representado pelo termo <trap> pode estar associada a um crescimento no desenvolvimento de tecnologias associadas à captura e contagem de ovos, que apresentou incremento no mesmo período, como pode ser observado na Figura 27:

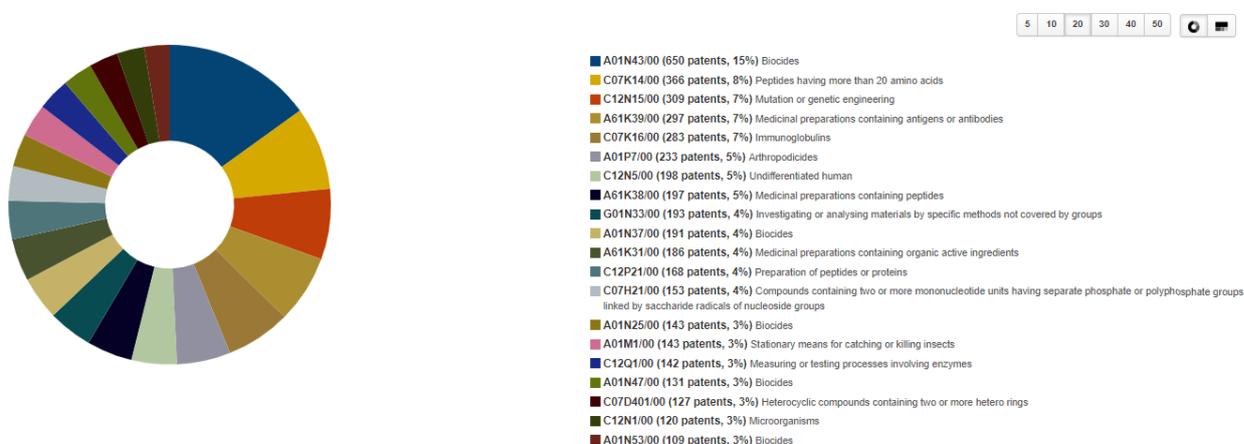
Figura 27 - Evolução histórica patentário <Aedes aegypti and trap and egg>



Fonte: *Patent Inspiration* (AULIVE SOFTWARE NV, 2021).

A comparação entre as Figuras 26 e 27 evidenciam uma associação inversa, a partir do ano 2011, com crescimento nos resultados que respondem pela chave <egg> e decréscimo na chave <trap> para patentes associadas ao termo *Aedes aegypti*. Infere-se de tal resultado um aumento no interesse dos pesquisadores por tecnologias de controle populacional do mosquito associadas aos ovos, ou seja, ovitrampas e redução no interesse por armadilhas inespecíficas, geralmente focadas na captura de insetos adultos. A segmentação da busca por códigos de patente IPC pode ser visualizada no Figura 28:

Figura 28 - Recorte <*Aedes aegypti* and trap> por código IPC



Fonte: *Patent Inspiration* (AULIVE SOFTWARE NV, 2021)

Da Figura 28 percebe-se que dentro dos códigos apontados para os termos <*Aedes aegypti*> e <trap>, o código A01M1/00 corresponde a 3% dos depósitos, com 143 registros, e o código A01P7/00 corresponde a 233 depósitos, o que demonstra que o caráter inseticida tem tido prevalência como tendência nos registros de invenções de tecnologias associadas ao inseto.

Mesmo dentro do código relacionado a meios estacionários de captura, ou eliminação, são observadas várias patentes de armadilhas para eliminação ou captura de mosquitos adultos, e não de monitoramento. Foram identificadas dentro dessas palavras-chave algumas patentes similares em propósito, ou aplicação, ao objeto de estudo, ou seja, armadilhas para monitoramento e controle do *Aedes aegypti*, do tipo ovitrampa.

Ainda quando da análise dos resultados, as palavras-chave apontaram para patentes que se aproximam do objeto da pesquisa, que tinham potencial de servirem de referência para a prospecção tecnológica do modelo alfa de ovitrampa. O mesmo segue a recomendação de atração de mosquitos adultos, o que representa de forma mais precisa a população de interesse para extrapolação e direcionamento de esforços em saúde pública. Os resultados evidenciam

tendências tanto do ponto de vista patentário de difusão do modelo, quanto de presença no mercado.

4.1.1 Estudo Comparativo entre ovitrampas tradicionais e aetrampas

Foram coletadas amostras e recolhidas armadilhas em ciclos quinzenais ou semanais, para os meses de agosto e setembro/2019, e semanais, para os meses de outubro de 2019 até fevereiro de 2020, seguindo as orientações do CVA para ovitrampas (SCATOLINI; CECCON; COUTO, 2018). A adequação para coleta semanal foi necessária para atender às instruções de uso das aetrampas, pelo manual do sistema Aetrapp. Mesmo assim, foi feito o somatório de ovos quinzenalmente, para atender às exigências do CVA.

Ambos os tipos de armadilhas comparados receberam as etapas de higienização, reposição da água, adição de atrativo orgânico, uso de larvicida orgânico (Bti) e manuseio cuidadoso da palheta.

As palhetas das aetrampas foram fotografadas por aplicativo móvel e as amostras das ovitrampas tradicionais foram acondicionadas individualmente em recipientes para secagem, seguida por observação e contagem de ovos por meio de microscópio estereoscópico em laboratório do Centro de Pesquisa do *Campus* Recife do IFPE, conforme recomendações dispostas em Santos (2008).

As armadilhas foram monitoradas para avaliação da infestação do mosquito, calculando-se o índice de positividade das ovitrampas (IPO), o índice de densidade de ovos (IDO) e o número médio de ovos (NMO) como parâmetros para comparação entre as armadilhas do CVA instaladas no IFPE, CRCN/CETENE e ITEP. O primeiro índice permitiu conhecer a distribuição espacial da infestação. Já os índices de densidade e número médio de ovos permitiram identificar a intensidade da infestação nos locais estudados (SANTOS, 2008; SILVA, 2009).

Este conjunto de critérios permitiu formular o instrumento de coleta Quadro 1, utilizado para comparação entre as tecnologias de armadilhas ovitrampas tradicionais e aetrampas.

Quadro 1 – Instrumento de coleta para comparação entre os níveis de maturidade tecnológica

Critério	Evidência	Sim	Não	Sim	Não
		Tradicionais		Aetrampa	
1 - Princípios básicos da tecnologia	O princípio da tecnologia pode ser identificado em artigos científicos?	X		X	
2 - Conceituação tecnológica	As publicações ou análises de aplicações sustentam os conceitos?	X		X	
3 - Teste de conceito (crítico ou analítico)	Testes laboratoriais sustentam a tecnologia?	X		X	
4 - Validação laboratorial	Há registros sistemáticos utilizados para avaliação da tecnologia?	X		X	
5 - Simulação	Os resultados de modelos volumétricos das simulações e suporte da tecnologia estão disponíveis?	X		X	
6- Prototipagem simulada	Há demonstração bem-sucedida de um modelo em condições laboratoriais de alta fidelidade?	X			
7 - Prototipagem operacional	Há demonstração bem-sucedida de um modelo em condições operacionais?	X		X	
8 - Qualificação do sistema	Há demonstração bem-sucedida de um modelo em condições operacionais variadas?	X		X	
9 - Aprovação operacional do sistema	Podem ser constatados resultados de conformidade do produto?		X		X

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Velho *et al.* (2017, p. 125)

Conforme registrado no instrumento de coleta (Quadro 1), a comparação entre os níveis de maturidade das tecnologias ovitrampas tradicionais e as aetrampas implicam a primeira no nível 8, correspondente à penúltima fase de desenvolvimento, visto que os modelos deste tipo já se encontram em operacionalização, restando a fase de padronização para completarem sua maturação tecnológica.

Nas ovitrampas tradicionais instaladas no *Campus Recife* do IFPE foram contabilizados 20.010 ovos durante o período de agosto/2019 a fevereiro/2020, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Número total de ovos distribuídos por ciclo quinzenal, temperatura média, precipitação no IFPE

Mês	T média (°C)	Chuvas (mm)	Ciclo	Nº de ovos totais
Agosto	23,77	183,0	45	1536
Agosto	23,77	183,0	46	1784
Setembro	24,65	110,1	47	3057
Setembro	24,65	110,1	48	2659
Outubro	25,39	59,7	49	2182
Outubro	25,39	59,7	50	893
Out./nov.	26,66	59,7	51	746
Novembro	26,66	3,9	52	391
Novembro	26,66	3,9	53	217
Dezembro	26,86	22,2	54	361
Dezembro	26,86	22,2	55	2117
Janeiro	27,39	57,4	56	2978
Janeiro	27,39	57,4	57	3089

Fonte: Elaboração própria a partir de INPE (2021)

Foi observada uma diminuição acentuada na infestação nos ciclos de 52 a 54 – correspondentes aos meses de novembro e dezembro/2019, o que pode ser atribuída ao baixo índice pluviométrico do período (3,9 e 22,2 mm), conforme enfatiza Sales *et al.*, 2019.

Pode-se observar na Tabela 1 a associação forte entre os níveis de chuva e a quantidade de ovos coletados, com um período pronunciado de estiagem entre os ciclos 52 e 55, no qual foram contados menos de 750 ovos por ciclo em todas as armadilhas.

Nas ovitrampas tradicionais instaladas no ITEP e no CRCN/CETENE, o total de ovos coletados por armadilhas, de agosto de 2019 até fevereiro de 2020, foi de 8.382 ovos no ITEP e de 7207 ovos no CRCN/CETENE, totalizando assim 15.589 ovos do mosquito, num total de 14 ciclos, conforme Tabela 2.

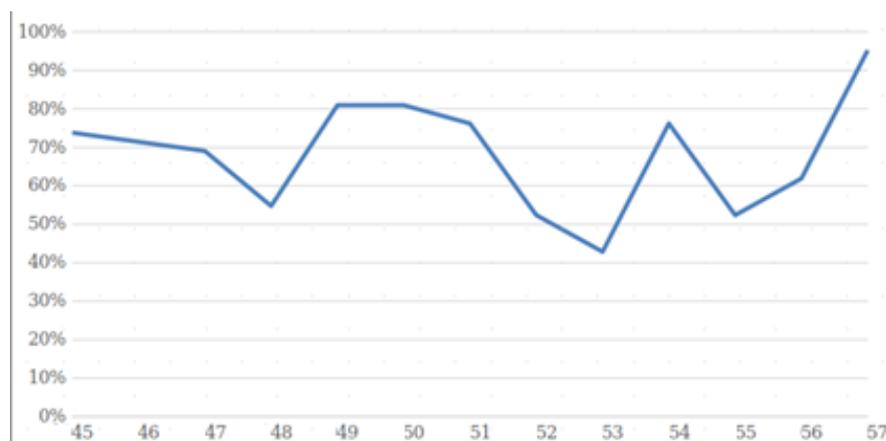
Tabela 2 – Número total de ovos por ciclo ITEP e CRCN

Mês	Ciclo (ITEP)	Ovos totais	Ciclo (CRCN)	Ovos totais
Agosto	47	786	46	1252
Agosto	48	1009	47	1296
Setembro	49	1476	48	673
Setembro	50	1179	49	903
Outubro	51	1021	50	548
Outubro	52	398	51	363
Out./nov.	53	96	52	151
Novembro	54	188	53	224
Novembro	55	295	54	203
Dezembro	56	171	55	251
Dezembro	57	134	56	83
Janeiro	58	773	57	413
Janeiro	59	360	58	570
Fevereiro	60	496	59	277
Total ITEP 8382		Total CRCN: 7207		

Fonte: Elaborado pelo autor (2021), a partir de dados coletados na pesquisa de campo

Pela proximidade das localidades envolvidas na pesquisa, foram calculados o IPO, IDO e NMO dos ovos colhidos nas ovitrampas, que estão abaixo apresentados, nas Figuras 29, 30 e 31. A Figura 29 se refere ao IPO das ovitrampas do IFPE *Campus* Recife, ITEP e CRCN.

Figura 29 -Índice de Positividade de Ovitrampas -IPO (%) IFPE em cada ciclo



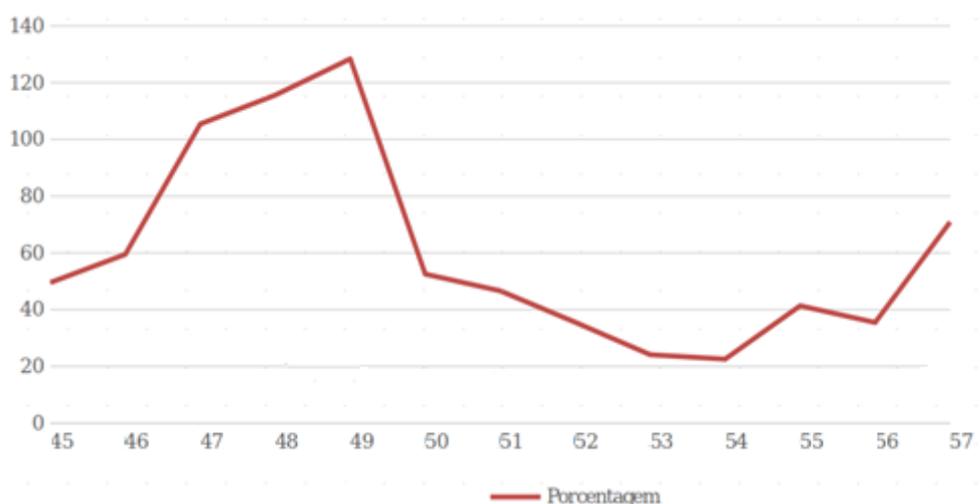
Fonte: Elaborado pelo autor (2021), a partir de dados coletados na pesquisa de campo.

A Figura 29 representa a variação do IPO ao longo dos ciclos de coleta. Este indicador relaciona as armadilhas positivas, ou seja, as que apresentaram no mínimo um ovo inteiro ou

com opérculo rompido, em proporção ao total de armadilhas instaladas. Assim, pode-se observar que o ciclo 53 obteve o menor IPO (43%) e o ciclo 57 obteve o maior IPO (95%).

A Figura 30 ilustra o Índice de Densidade de Ovos (IDO) por ovitrampa durante o estudo. A representação do IDO evidencia a relação entre a média de ovos capturados e a quantidade de armadilhas, em função do tempo. Nesse sentido, o ciclo 49 obteve o maior IDO e o ciclo 53, o menor.

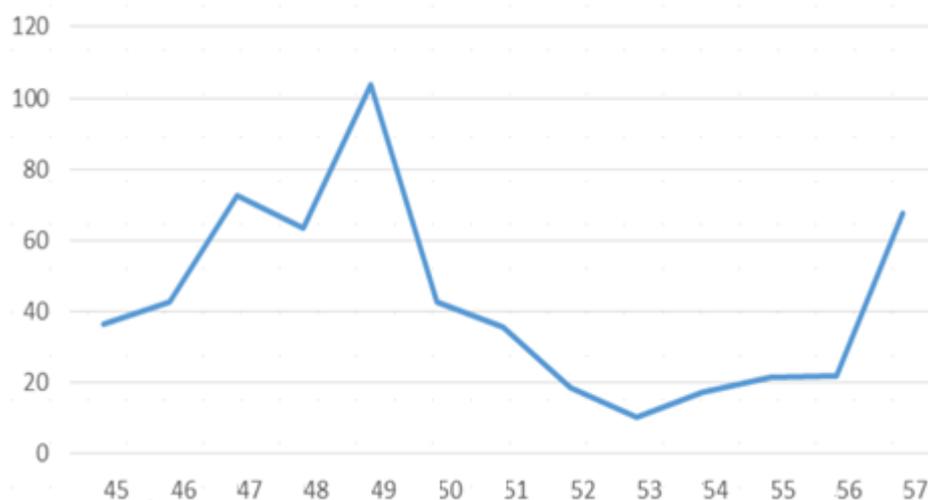
Figura 30 - Índice de Densidade de Ovos (IDO) IFPE para cada ciclo



Fonte: elaborado pelo autor (2021), a partir de Dados coletados na pesquisa de campo

O número médio de ovos (NMO) coletados por ciclo encontra-se representado na Figura 31:

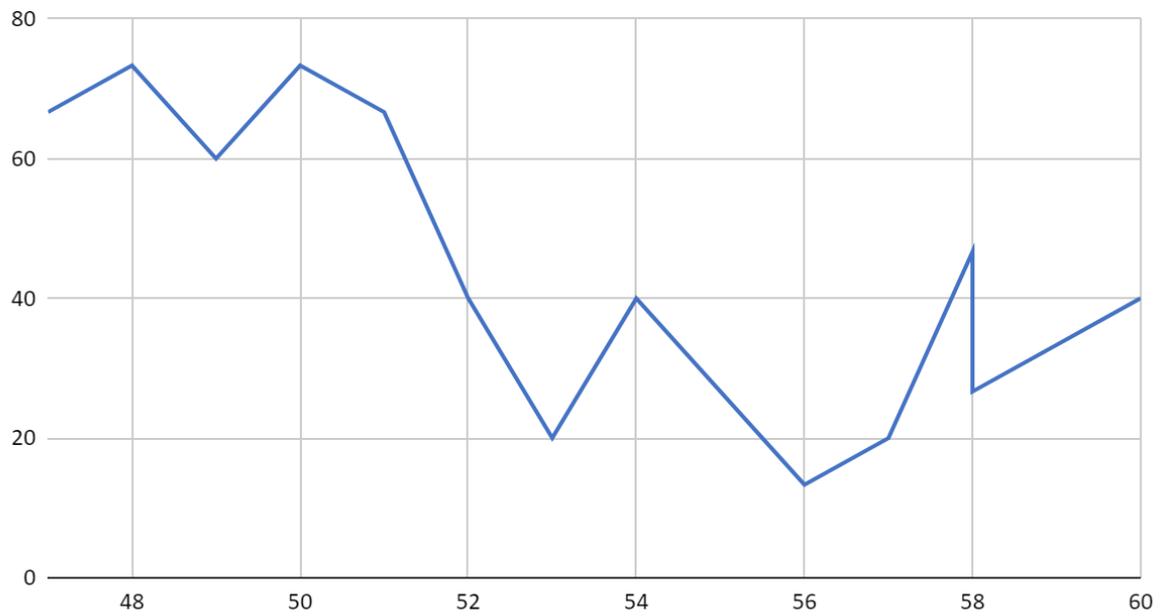
Figura 31 - Número médio de ovos por ovitrampa ITEP em cada ciclo



Fonte: elaborado pelo autor (2021), a partir de Dados coletados na pesquisa de campo

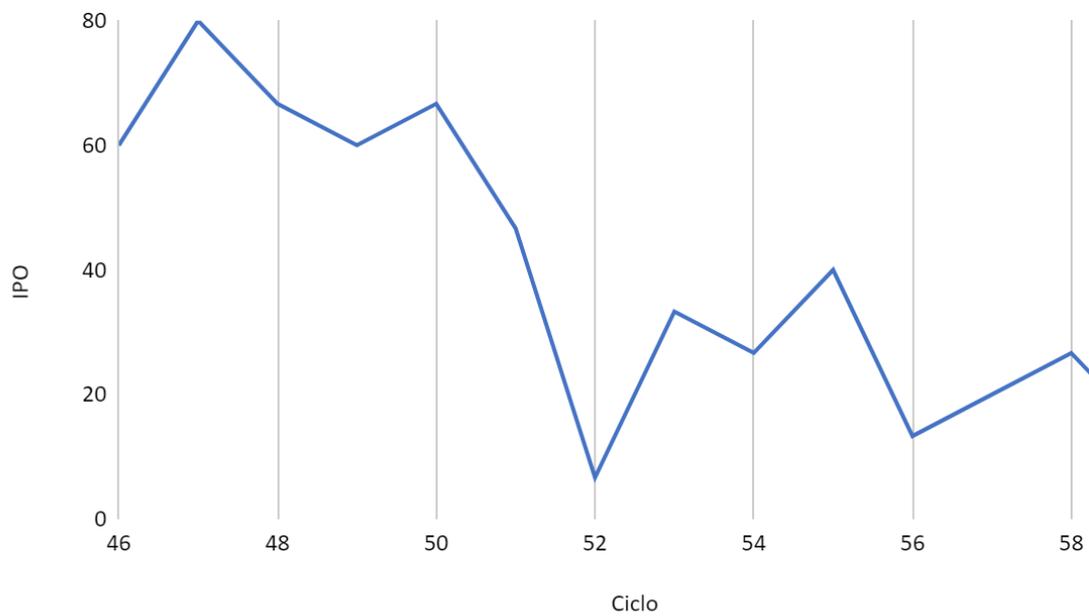
Observa-se que o número médio de ovos por ovitrampa esteve abaixo do nível de corte (27) entre os ciclos 51 e 56, indicando um período com probabilidade de risco de transmissão de arbovirose inferior a um (MANICA *et al.*, 2017). Durante o restante do período de observação a metodologia indica alta probabilidade de picada por *Aedes aegypti* e infecção por arbovirose nas regiões adjacentes ao estudo. Para o ITEP temos o índice de positividade apresentado na Figura 32.

Figura 32 – Índice de Positividade ITEP (%) por ciclo



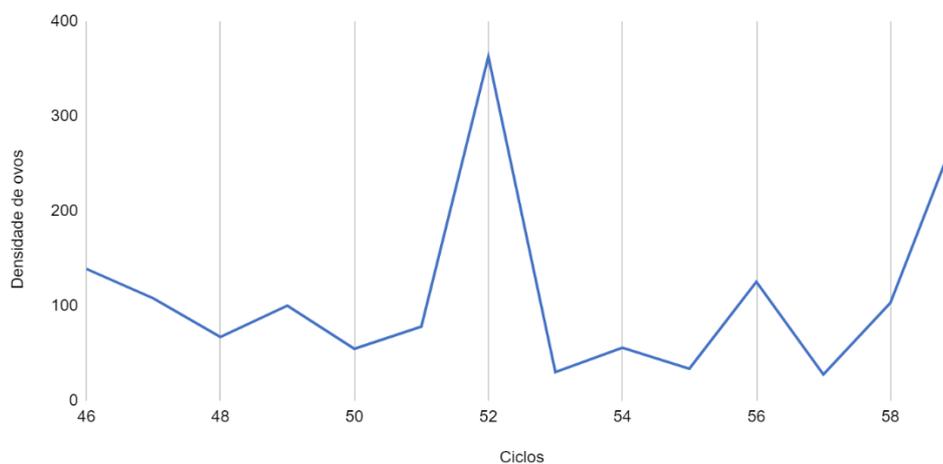
Fonte: Elaborado pelo autor (2021), a partir de Dados coletados na pesquisa de campo.

Figura 33 - Índice de Positividade de Ovos CRCN (%) por ciclo



Fonte: Elaborado pelo autor (2021), a partir de dados coletados na pesquisa de campo.

Figura 34: Índice de densidade de Ovos CRCN



Fonte: Elaborado pelo autor (2021), a partir de dados coletados na pesquisa de campo

Para o ITEP o IPO e o IDO, quando havia apenas ovitrampas tradicionais, é dado por:

$$\text{IPO} = (51/69) \times 100 = 73,9\%$$

$$\text{IDO} = 5471/51 = 107,27$$

Também é possível calcular o NMO (Número médio de ovos/ovitrampa), que é calculado pelo total de ovos coletados pelo total de armadilhas utilizadas, incluindo positivas e negativas.

$$\text{Para o CRCN temos que: NMO} = 4672/73 = 64$$

$$\text{E para o ITEP temos que: NMO} = 5471/69 = 79,3$$

Foram calculados os índices IPO e IDO para as amostras do CRCN após serem instaladas as aetrampas, observadas num total de 09 ciclos. O cálculo é dado por:

$$\text{IPO} = (34/72) \times 100 = 47,2\%$$

$$\text{IDO} = 2547/34 = 74,91$$

Para o ITEP o IPO e o IDO, após serem instaladas as aetrampas, que foram num total de 09 ciclos. O cálculo é dado por:

$$\text{IPO} = (41/57) \times 100 = 71,9\%$$

$$\text{IDO} = 2761/41 = 67,34$$

E Para o NMO no CRCN e no ITEP, temos que:

$$\text{NMO (CRCN)} = 2547/72 = 35,4$$

$$\text{NMO (ITEP)} = 2761/57 = 48,4$$

A mesma tendência com relação ao número de ovos coletados por ovitrampa, foi constatada nas três áreas estudadas. Isto é coerente pois as instituições são muito próximas geograficamente. Outrossim, também são similares as condições ambientais de temperatura, precipitação, umidade relativa do ar, cobertura vegetal e a presença de criadouros, com materiais descartados de forma errada, que favorecem o desenvolvimento do inseto através do acúmulo de água da chuva.

O período de maior quantidade de ovos foi entre agosto e setembro, que correspondeu ao período de muita chuva na localidade em 2019. Entretanto, o calor acelera a eclosão dos ovos e, conseqüentemente, potencializa a infestação da praga (IOC, 2021).

O resultado replica valores muito maiores em períodos chuvosos e quentes, quando o mosquito consegue ampliar seus criadouros, ao passo que em períodos secos e frios o desenvolvimento do inseto é afetado negativamente, tal qual apresentado na descrição das ovitrampas.

Foram observadas, nas armadilhas instaladas no ITEP e CRCN/CETENE, a ocorrência de nível de água abaixo da palheta, e algumas delas vazias. Conjectura-se que a quantidade de água posta pode ter sido pouca, ou então que a temperatura ambiente estava muito elevada, percebendo-se uma diminuição considerável na quantidade de água em apenas uma semana, fato este que chamou a atenção de todos os envolvidos. Por isto foi sugerida a complementação de água antes do final do ciclo de coleta.

4.1.2 Avaliação da atratividade das aetrampas

Foi percebida inconsistência da palheta de aquarela de gramatura de 300g/m², a qual não era prevista pelos desenvolvedores do projeto e ocorreu nas aetrampas de nº 28, 29, 33, 34 e 35, do IFPE, fato que levou ao descarte de toda a amostragem realizada neste campo. A Figura

35 evidências alguns dos diferentes estados de deterioração apresentados pelas palhetas após uma semana de imersão:

Figura 35 - Diferentes graus de deterioração das palhetas



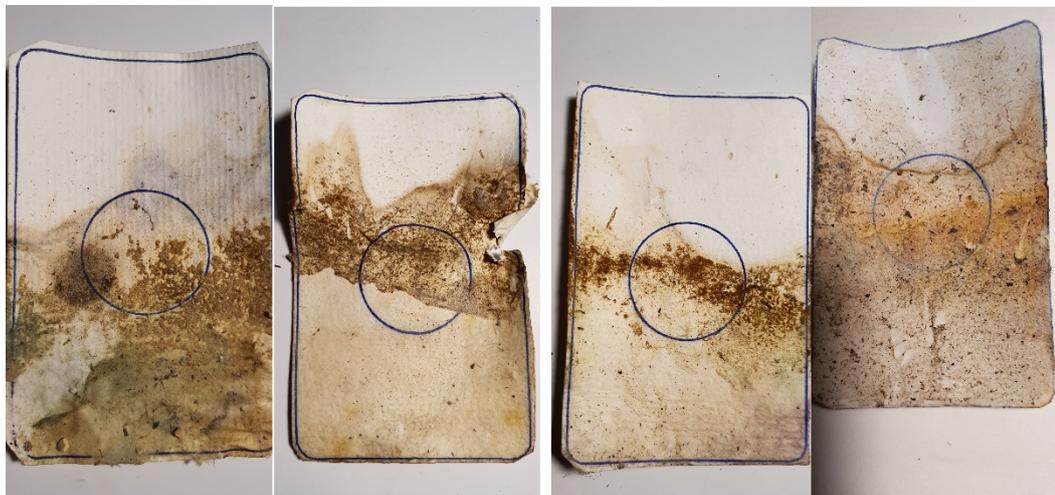
Fonte: Ana Beatriz Arruda ([n.d.])

Foram elaboradas duas possíveis conjecturas para as palhetas terem se deteriorado: alta turbidez da água, ou as características do entorno do ambiente no qual elas se encontravam. No primeiro caso, a água possui uma turbidez diferente da água limpa e isso influencia significativamente na infestação de *Aedes aegypti* (MARTINS *et al.*, 2010). Cumpre salientar que a aplicação do larvicida não alterou a qualidade da água, visto que nas ovitrampas isso nunca foi fator de alteração da atratividade (SANTOS *et al.* 2003).

No segundo caso, o ambiente propício à presença de sapos, rãs e caracóis, como também de bastante umidade advinda de plantas ao redor, pode ter feito a palheta deteriorar-se mais rapidamente. Assim, esses animais podem contaminar as armadilhas, assim como as plantas ao redor em locais com pouca luminosidade podem aumentar a proliferação de micro-organismos na água da armadilha. Tal fenômeno foi analisado anteriormente por Tortora *et al.* (2002).

De acordo com o observado, quatro aetrampas do campo IFPE destacaram-se nas repetidas alterações entre ciclos. A primeira delas, identificada como armadilha 023, instalada em uma das colunas do Bloco C do *Campus* Recife, mostra a permanência de formação de lodo, não encontrada em outras palhetas. Neste ponto, observou-se luz solar direta, presença de plantas baixas, sem cheiro aparente e baixo fluxo de pessoas. As imagens seguem representadas na Figura 36:

Figura 36 - Palhetas retiradas da armadilha 023, nos ciclos:
55, 57, 58 e 59, respectivamente



Fonte: Ana Beatriz Arruda ([n.d.])

As palhetas retiradas da armadilha 024, instalada na coluna do lado do Bloco D, mostram a permanência de manchas alaranjadas e arroxeadas (Figura 37). Neste ponto, observaram-se: luz solar direta, presença de plantas baixas e animais pequenos (sapos), mau cheiro, baixo fluxo de pessoas e proximidade às saídas e tampas de esgoto.

Figura 37 - Palhetas retiradas da armadilha 024 nos ciclos:
56, 57, 58 e 59, respectivamente



Fonte: Ana Beatriz Arruda ([n.d.])

As palhetas retiradas da armadilha 028, instalada em uma das colunas do Bloco F do IFPE, mostraram a permanência de manchas amareladas e fragilidade no papel, levando a

deformações e rasgos. Observaram-se neste ponto pouca luz solar, presença de árvores altas e animais pequenos, mau cheiro, baixo fluxo de pessoas e proximidade ao estacionamento e a tampas de esgoto nas proximidades das armadilhas.

Já no ITEP, observaram-se neste ponto palhetas recorrentes com as mesmas características, conforme apresentado na Figura 37, em níveis similares de degradação, quando colocadas em lugares escuros e de baixa circulação de ar, o que pode ter favorecido a geração de fungos, a inviabilização do papel, e conseqüentemente, na contagem de ovos.

Figura 38 - Palheta de papel aquarela utilizada em aetrampa, localizada no ITEP frente e verso



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

A fim de encontrar a justificativa para essas alterações inesperadas nas palhetas do projeto, o estudo acerca dos fatores ambientais externos à aetrampa fez-se necessário. Numa etapa inicial, o ambiente em volta de cada uma das armadilhas instaladas pela área IFPE foi observado sob as variáveis de: exposição ao sol, presença de animais e/ou árvores, cheiro aparente e nível de fluxo de pessoas. Além destas, foram feitas observações mais específicas e nos demais locais de amostragem.

No entanto, com o avanço da pandemia do covid-19, foram necessárias mudanças, com o intuito de priorizar a saúde dos envolvidos no projeto em questão. Por isto, todas as armadilhas instaladas até o início de março foram coletadas e guardadas no Centro de Pesquisa do Campus Recife, com a finalidade de resolução do ocorrido para contagem posterior.

Contudo, no início da pesquisa, foi relatado pelos alunos da iniciação científica, parceiros de pesquisa, que o aplicativo apresentava problemas em relação à contagem por meio de fotografia. Apesar do empenho de seus desenvolvedores em solucionar tais recorrências não foi possível obter resultados quantificáveis, uma vez que o algoritmo

apresentou dificuldades na leitura das palhetas, falha que pode estar associada ao desprendimento dos ovos durante o transporte do local de coleta de palhetas até o laboratório, armazenamento no laboratório e enrugamento das palhetas, o que comprometeu a leitura digital das armadilhas.

Desta forma, o processamento do aplicativo disponibilizado pelo sistema Aetrapp.org, para a contagem de ovos e monitoramento populacional do mosquito, não pode ser conferido devido às instabilidades encontradas na leitura das palhetas de papel aquarelável. Além disso, outros problemas técnicos apresentados pelo aplicativo, como travas no momento de fotografar e incapacidade atual de comportar maior quantidade de fotografias de armadilhas registradas numa só conta (gerenciada por colaboradores do projeto) impediram o registro e monitoramento adequado dos ovos depositados nas aetrampas e sua posterior relação com a contagem manual efetuada nesta pesquisa.

Mesmo nos casos em que as palhetas seguiram o modelo de fotografia descrito pela plataforma, o algoritmo de leitura não teve êxito nas contagens dos ovos dispostos. Destacam-se como fatores negativos para o sucesso do sistema Aetrapp.org:

- a A aceitação das aetrampas pela fêmea do mosquito;
- b A forma de armazenamento das palhetas retiradas;
- c O processo de transporte realizado; e
- d A indisponibilidade do sistema atual durante o período da pandemia.

Todas as observações de uso foram reportadas ao grupo desenvolvedor, que se responsabiliza por corrigir os erros encontrados e conduzir a continuidade do projeto. Entretanto, esses problemas não puderam ser solucionados, devido à parada das atividades presenciais decorrente da pandemia do COVID-19.

Como medida paliativa, foi desenvolvido um servidor com uma base de dados elaborada apenas para o experimento do IFPE. A interface computacional desktop facilita a submissão de imagens em formato JPEG, RAW e PNG, para o servidor de processamento utilizando o algoritmo de visão computacional do sistema Aetrapp.org.

A submissão das amostras após um período de armazenamento inadequado inviabilizou a contagem pela degradação das palhetas por fatores ambientais acima mencionados.

4.1.3 Processamento do aplicativo e variabilidade no Registro Pictórico

Pelos problemas ambientais acima relatados, as palhetas papel aquarelável apresentaram baixo aproveitamento pelos fatores já enumerados, resumidamente – degradação ambiental; problemas de manuseio; perdas operacionais durante o período de restrições decorrentes do estado de calamidade pública da pandemia do Covid-19.

As aetrampas replicam características de infestação populacional do *Aedes aegypti* (JULIÃO, 2018). Contudo, não foi possível corroborar esta hipótese, devido às inconsistências encontradas nas palhetas.

Adicionalmente, ocorreram problemas de processamento do aplicativo disponibilizado pelo sistema Aetrapp.org, que apresentou instabilidade no login (o aplicativo reiniciava a sessão diversas vezes sem que isso tivesse sido solicitado). Além desta, foi constatada baixa capacidade de captura das fotografias e limitação no gerenciamento de dados a partir do sistema.

O desenvolvedor afirmou que essa problemática ocorreu devido à larga escala de aetrampas cadastradas em uma só conta. Normalmente as mesmas são utilizadas em ambiente doméstico ou no seu entorno, tendo apenas um usuário, por conta com baixa quantidade de fotografias enviadas. Houve tentativas de solucionar esse problema, contudo as instabilidades continuaram.

Para não haver a perda das fotografias das palhetas e conseqüentemente de dados, as fotos foram armazenadas em bancos de dados online, a fim de uma futura reavaliação dos dados, apesar da grande maioria das palhetas estarem em condições que impossibilitam a computação de dados pelo aplicativo.

Após a submissão das imagens registradas para o sistema de processamento de imagem AeIP vs.2, disponível em gitlab.com/Aetrapp/, as amostras foram consideradas insatisfatórias por apresentação de manchas (lodo), sujidades e fungos.

Foi possível observar uma grande variação na qualidade das palhetas, com a maior parte sendo considerada inviável para contagem e registro. Tal fato também foi presenciado pela Fiocruz Rondônia durante as 16 semanas de estudos em Porto Velho, assim como em estudos anteriores do sistema Aetrapp.org.

Em tais observações, “Enquadramento inadequado”, em 24% das amostras foi um resultado inesperado, que exigiu readequação do Software Detecção do círculo central. Foi

observado também a ocorrência de locais com excesso de cloro na água e palheta não reconhecida em 53% dos casos (JULIÃO, 2018).

De 1792 amostras submetidas pela HONORIO ET AL, em experimento de 2017 434 saíram com enquadramento inadequado; uma foi considerada escura demais; 382 foram leituras satisfatórias; em 22 não foi possível detectar o círculo central; em 953 ocorrências a palheta não foi reconhecida.

Considerou-se também o relato de dificuldades de uso do aplicativo móvel disponibilizado pelo sistema Aetrapp.org, que mesmo no seu período de disponibilidade apresentou algumas falhas para os usuários de campo, como o não reconhecimento das imagens submetidas. Atualmente, em agosto de 2021, o aplicativo está indisponível na Apple Store e na Google Play, nas suas respectivas versões IOS e Android. Recomenda-se também, a partir dos relatos dos usuários e de experiências anteriores, trabalhar nos componentes de análise heurística e de acessibilidade na aplicação móvel, para tornar o uso mais intuitivo para a população de forma em geral e para os agentes de campo responsáveis pelo controle de endemias. O código do aplicativo está disponível em <https://gitlab.com/Aetrapp/mobile>.

4.2 ANÁLISE DA VIABILIDADE TECNOLÓGICA DO SISTEMA AETRAPP EM RELAÇÃO A DIFERENTES ARMADILHAS

A análise de viabilidade do sistema Aetrapp.org foi feita com base na ISO 16290:2015, que apresenta os parâmetros de avaliação utilizados para comparar as tecnologias em apreço (ABNT, 2015; VELHO *et al.*, 2017; JULIÃO, 2018). A seguir os resultados da análise comparativa:

Princípios básicos da tecnologia: neste requisito considera-se que ambos os tipos de armadilhas, aetrampas e tradicionais, atendem ao requisito básico de que as quantidades de ovos depositados nas palhetas imersas em água limpa são preditores confiáveis para o número de fêmeas de *Aedes aegypti* presentes no ambiente (MANICA *et al.*, 2017; JULIÃO, 2018; SCATOLINI, CECCON, COUTO, 2018).

- a Conceituação tecnológica: as publicações revisadas sustentam os conceitos envolvidos em ambas as tecnologias avaliadas (BRASIL, 2014; MENESES, 2014).

- b Teste de conceito (crítico ou analítico): foram constatados testes críticos e analíticos para sustentação dos conceitos apropriados no desenvolvimento de ambas as tecnologias (DEPOLI *et al.*, 2016; JULIÃO, 2018).
- c Validação laboratorial: os registros sistemáticos validam a aplicação de ovitrampas, mas não de aetrampas (MANICA *et al.*, 2017; JULIÃO, 2018;).
- d Simulação: há suporte a partir de testes volumétricos para a tecnologia ovitrampas, mas não para aetrampas (MANICA *et al.*, 2017; JULIÃO, 2018; SCATOLINI, CECCON, COUTO, 2018).
- e Prototipagem simulada: há demonstração bem-sucedida de um modelo em condições laboratoriais de alta fidelidade para ovitrampas, mas não para aetrampas (MANICA *et al.*, 2017; JULIÃO, 2018).
- f Prototipagem operacional: foi constatada demonstração bem-sucedida de um modelo ovitrampas em condições operacionais (MELLO *et al.*, 2009; DEPOLI *et al.*, 2016; MANICA *et al.*, 2017).
- g Qualificação do sistema: há demonstração bem-sucedida de um modelo ovitrampas em condições operacionais variadas (MANICA *et al.*, 2017).
- h Aprovação operacional do sistema: não foram constatados resultados de conformidade em ambas as tecnologias (BRASIL, 2014; VELHO *et al.*, 2017).

Aqui realizou-se atualização de pesquisas da Fiocruz Rondônia (JULIÃO,2018), para avaliar alternativas para o processamento digital de imagens de ovos de *Aedes* spp. O conceito foi discutido na revisão de literatura e aqui trazemos um quadro comparativo na tabela 3.

Tabela 3 – Alternativas para contagem automatizada de ovos de *Aedes* spp.

Autor (es) - Ano	Resumo das Técnicas e Principais Resultados	Estimativas de Contagem
Mains <i>et al.</i> (2008)	Usaram três espécies de <i>Aedes</i> , o programa ImageJ, e duas métricas: Contagem de partículas (CP) e Área Total das Partículas (ATP). Contraste dos ovos escuros em substrato uniforme e claro. Curvas de calibração para cada uma das espécies. Conclusões: As estimativas de número de ovos a partir da área total de partículas foram melhores comparadas às estimativas baseadas em número de partículas	“Erro” apresentado como correlação entre contagem manual e automática. ATP <i>Ae. albopictus</i> - $R^2 = 0,985$ <i>Ae. albopictus</i> - $R^2 = 0,989$ <i>Ae. polynesiensis</i> - $R^2 = 0,957$ CP <i>Ae. albopictus</i> - $R^2 = 0,963$ <i>Ae. albopictus</i> - $R^2 = 0,239$ <i>Ae. polynesiensis</i> - $R^2 = 0,531$
Mello <i>et al.</i> (2008) Mello <i>et al.</i> (2009)	Os autores adotaram segmentação de cores e aplicação de filtros matemáticos não lineares baseados em morfologia. Compararam três métodos de estimativa de número de ovos: Método 1 (Segmentação por cor, algoritmo de Huang), Método 2 (valores fixos de limiar para binarização), Método 3 (Algoritmo médias- <i>k</i>).	Taxas médias de erro: Método 1: 6,66% Método 2: 7,33% Método 3: 7,84%
Silva e Ribeiro (2010) Monografia TCC	Uso de redes neurais. Proposta de um Sistema Automático de Reconhecimento e Contagem de Ovos da Dengue – SARCO. As redes foram treinadas e validadas com dados gerados por três conjuntos de descritores (CD1, CD2 e suas versões reprocessadas). Nas conclusões, os autores apontam a importância de ruídos nos resultados obtidos e a necessidade de adequação de algoritmos à forma dos ovos, dentre outros.	O conjunto de descritores C1 reprocessado apresentou os melhores resultados. A taxa média de erro foi de 35%
Elpídio <i>et al.</i> (2010)	Projeto SAPIO – Sistema de Aquisição e Processamento de Imagens de Ovitampas. Objetivo: Validar um algoritmo de contagem de ovos automática. Três passos para obtenção das estimativas: Binarização das cores da imagem da palheta digitalizada; Identificação e classificação das áreas contendo ovos; Estimativas do número de ovos em cada imagem.	Uso de correlações entre contagem manual e automatizada. Base de Dados A Erro= 3,54 ; correlação=0,93 Base de Dados B Erro= 4,94 ; correlação=0,87
Silva <i>et al.</i> (2011) Silva (2011) Dissertação Silva <i>et al.</i> (2012)	Projeto SAPIO. Sistema de contagem composto por hardware e software. A imagem e os dados de contagem manual (lente de aumento) são enviados via FTP para a UFPE. O software usa procedimentos de padrões de reconhecimento dos ovos a partir de técnicas de segmentação e filtragem. Os autores mensuraram o tempo gasto na contagem manual e automática, verificando redução em até duas vezes com a nova estratégia. As equações e algoritmos pode ser obtidos na dissertação de mestrado de Marilu GNM Silva (2011) e Silva <i>et al.</i> (2012)	Os autores obtiveram um erro médio de contagem de 16,26% e erro global de 2,67% Número de Imagens: 100

<p>Brasil <i>et al.</i> (2015)</p>	<p>Aprimoramento do Projeto SAPIO. O sistema baseia-se no processamento de imagens digitais (PID) e também num sistema web de contagem semi-automática (WCSA) com georreferenciamento de informações e armazenamento de dados em uma única plataforma Web. Os autores obtiveram resultados satisfatórios com PID, em comparação ao WCSA, e houve redução de tempo gasto na contagem de ovos.</p>	<p>Comparação entre as médias de contagens, com teste Wilcoxon. As estimativas obtidas com imagens de 400x160pixels e 550x250 pixels diferiram significativamente da contagem manual. As estimativas a partir das imagens de 400x250 pixels foram as mais próximas do modo manual.</p>
<p>Gaburro <i>et al.</i> (2016)</p>	<p>Avaliação do software livre ICount, em combinação aos experimentos de escolha por atraentes de oviposição em diferentes concentrações. Foram usadas imagens “macro” (câmera fotográfica) e “micro” (estereomicroscópio). Os autores não relatam quantas fêmeas havia em cada gaiola. Houve classificação dos substratos em baixa, média e alta densidade de ovos. Eles testaram diferentes substratos de oviposição e verificaram que o contraste de cor ovos-substrato não foi um fator limitante para o software.</p>	<p>Para imagens “macro” de ovos de <i>Ae. albopictus</i> foi encontrado um erro de 7,4% ($\pm 4\%$) para ICount.</p>
<p>Montgomery <i>et al.</i> 2017</p>	<p>Autores usaram o ImageJ software. Como substrato, usaram uma tira de toalha de limpeza (Tork Cleaning Cloth). Os ovos foram contados em lupa, e as tiras foram digitalizadas em um scanner (1200dpi). Autores descrevem alisamento da imagem com filtro e inversão, e depois limite para binarização, etc. Pelo fato do ImageJ não diferenciar os ovos de sujeiras, as tiras foram divididas em três categorias: Adequadas a análise em ImageJ, Não Adequadas, e Adequadas com Manipulação de Imagem.</p>	<p>Na ausência de contaminantes, os ovos foram quantificados no ImageJ em 55,4% das tiras com precisão. Das 193 tiras analisadas, 21,2% tinham sujeiras, e estavam inadequadas. Em 23,3% das tiras houve manipulação de imagem, com remoção de sujeiras ou melhoria digital da imagem.</p>

5 PLANO DE AÇÃO

As soluções para os pontos críticos apontados anteriormente requerem recursos e apoio das organizações envolvidas, cabendo a agentes externos à pesquisa optar, ou não pelas implementações.

Caso encontre interessados em prosseguir com o sistema Aetrapp.org, segue um plano de ação com a sumarização dos problemas levantados na pesquisa de campo, bem como propostas de solução.

5.1 MONITORAMENTO

Uma das primeiras dificuldades encontradas na execução desta pesquisa foi a falta de um protocolo de monitoramento dos resultados que permitisse identificar e corrigir os problemas com celeridade. Por isso, para dar continuidade ao projeto, considera-se fundamental desenvolver primeiramente processos e procedimentos adequados para quantificar custos e benefícios da implantação do sistema.

A atividade que visa acompanhar os processos, procedimentos e seus resultados preliminares é importante na implantação de novas tecnologias, uma vez que favorece a correção oportuna do curso dos trabalhos, evidenciando equívocos e reduzindo custos com retrabalho. A elaboração de um protocolo de monitoramento permitiria consolidar a aprendizagem decorrente das falhas constatadas no estágio atual do sistema Aetrapp.org, permitindo desta maneira produzir novas e melhores soluções para as dificuldades aventadas.

Recomenda-se aqui que o monitoramento seja apoiado por órgãos de vigilância epidemiológica, e vigilância em saúde, ainda reconhecendo o potencial no contexto de ciência cidadã. As dificuldades do projeto evidenciaram uma necessidade de contar com apoio especializado para garantir melhorias nos processos metodológicos, considerando a relevância da construção de indicadores oficiais para o monitoramento de arboviroses.

5.2 INSTABILIDADES NO SISTEMA E MELHORIAS NO CÓDIGO

Ao utilizar o aplicativo disponibilizado pelo sistema Aetrapp.org foram constatados os seguintes pontos críticos:

- a) Instabilidade no login;
- b) Baixa capacidade de captura das fotografias e
- c) Limitação no gerenciamento de dados a partir do sistema.

Para viabilizar o sistema Aetrapp.org como um produto escalável e utilizável, um dos pontos fulcrais a serem observados é investir na robustez do sistema, a fim de que ele alcance um salto de escala, permitindo a implementação de uma quantidade muito maior de usuários de forma estável e com a captação e gerenciamento amplificada de dados. Esta ação deve, se implementada, resolveria as questões a); b); c). Desta forma pretende-se alcançar escalabilidade e padronização em âmbito nacional e internacional, com vistas a integrar estratégias de monitoramento de amplo espectro para as populações de *Aedes. spp.*

Outra questão fundamental é melhorar a capacidade de reconhecimento digital de ovos, a fim de que, mesmo com imagens e palhetas de qualidade inferior, seja possível contabilizar os ovos capturados com precisão.

Um dos pontos críticos identificados pelos usuários em campo é a necessidade da demarcação de um círculo azul na palheta. Tal círculo é usado pelo algoritmo presente no servidor de processamento de imagens. O objetivo do elemento é apoiar a capacidade de padronização do foco das câmeras em diferentes aparelhos de *smartphone*. Atualmente existem 6 etapas ou critérios utilizados para confirmar se a palheta está dentro do padrão na inicialização do serviço de reconhecimento de imagem: baixa luminosidade, demarcação de bordas, fora de foco e sombras, superfície molhada.

Figura 39 – Demarcação manual de círculo na palheta



Fonte: Julião (2018).

Faz parte portanto, do funcionamento do sistema de visão computacional, como regra de sistema, a utilização do círculo, a fim de viabilizar o cálculo da densidade de ovos por área de analisada. A figura 40 ilustra o código utilizado para a automação deste processo.

Figura 40 – Código de aplicação do processamento de imagem do aplicativo

```
# Check if the palette has a defect. Currently there are 6 implementations of defects analysis:
# low brightness, missing borders, out of focus, shadows and water on the surface. Some of them are detected using deep learning algorithm.
if Defects.isBlurred(im) < 0.1:
    print(IO.json_packing_error('ERR_001'))
    exit()

if Defects.isDark(im) < 110.0:
    print(IO.json_packing_error('ERR_002'))
    exit()

# The first step is to check if the image really has a palette with a circle at its center.
im = Defects.hasPalette(im)
if type(im) == type(""):
    exit()

print("Detecting circle...")

# detecting the central circle
# The program will try to recognize the central circle in 30 attempts.
# In case the circle isn't yet recognized, we flip the image in 180 degrees.
# Through the radius of the circle we can estimate the size of the eggs.
params = None
for att in range(30):
```

Fonte: GitLab (2021).

Como pode ser observado, a partir do *script* a seguir, a detecção do círculo central passa por 30 tentativas. Caso não funcione, a imagem é invertida em 180 graus. A importância do círculo ajuda na estimativa do tamanho dos ovos, conforme descrito no repositório do projeto:

```

detecting the central circle
# The program will try to recognize the central circle in 30 attempts.
# In case the circle isn't yet recognized, we flip the image in 180 degrees.
# Through the radius of the circle we can estimate the size of the eggs.
params = None
for att in range(30):
    params = detect.detect_circle_mark(im)

    if type(params) == type(None):

        if att == 29:
            for i in range(2):
                im = cv2.transpose(im)
                im = cv2.flip(im, 1)

            params = detect.detect_circle_mark(im)

            if type(params) == type(None):
                print(IO.json_packing_error('ERR_003'))
                exit()
            else:
                break

        else:
            continue

    else:
        break

```

5.3 PALHETA PARA COLETA DE OVOS

Os testes de campo indicam que o material escolhido para as palhetas (papel aquarelável de 300g/m²) não é adequado para esta tarefa, mostrando-se muito inferior às palhetas de madeira (painel de fibra de madeira de alta densidade) atualmente utilizadas nas ovitrampas tradicionais.

O princípio utilizado para escolher as palhetas utilizadas nas aetrampas se mostra interessante pela praticidade na confecção delas. Não obstante, para resolver o problema das deformidades e decomposição acelerada do papel, bem como a recusa dos insetos em utilizá-lo para deposição dos ovos, faz-se necessário investigar um material alternativo, ou então aceitar

as palhetas de madeira como mais apropriadas para oviposição, adequando o sistema informático para as exigências deste material na identificação dos ovos. Sugere-se aqui o teste de palhetas e substratos alternativos, como os recomendados pela Fiocruz Rondônia em Julião, (2018).

5.4 FATORES AMBIENTAIS

Um dos problemas ambientais mais incisivos, a ser enfrentado para continuidade do sistema Aetrapp.org, é a evaporação da água das armadilhas em períodos muito quentes. Indicamos aqui duas estratégias de enfrentamento para essa questão: reduzir os tempos de coleta, ou implantar protocolos de monitoramento dos níveis de água, baseados na temperatura ambiente e índices pluviométricos.

A primeira possibilidade multiplicaria o volume de dados coletados, entretanto poderia viabilizar a palheta de papel aquarelável. Na segunda hipótese, mais simples de implementar, seria necessário incluir uma função no aplicativo que avise ao usuário sobre as condições críticas de umidade e temperatura, a fim de que aprenda a reconhecer os períodos de estiagem e a necessidade de repor os reservatórios das armadilhas.

A substituição e o teste de substratos alternativos potencialmente poderiam melhorar a captura de ovos e mitigar os problemas de degradação das palhetas, o que foi evidenciado durante as semanas dos experimentos.

5.5 QUESTÕES LOGÍSTICAS

Um aspecto importante, observado em campo, diz respeito ao transporte das palhetas, que, se não for feito de forma cuidadosa, pode comprometer as leituras de imagens, devido à destruição dos ovos e casulos por atrito.

Para fazer frente a esse desafio, o ideal seria registrar a imagem no momento da coleta das palhetas ou, em caso de transporte e armazenamento, protegê-las, de forma a preservar os ovos e casulos capturados.

Aqui sugere-se também investir em novos experimentos com agentes profissionais de controles de endemias, habituados com práticas e processos de controle e monitoramento de arboviroses. Assim como nas pesquisas prévias da Fiocruz, esse grupo de usuários poderia reduzir os riscos e dificuldades para propor a simplificação de procedimentos de manejo para usuários comuns.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise comparativa, por meio de pesquisa-ação aqui apresentada, testou a viabilidade do sistema Aetrapp.org em diversos âmbitos. Foram feitas constatações tecnológicas, ambientais, estruturais, patentárias e logísticas, em busca da consecução dos objetivos de pesquisa.

Foi avaliado o nível de viabilidade tecnológica do sistema Aetrapp.org, a partir da utilização do sistema analisado, em comparação com ovitrampas tradicionais, instaladas no Campus Recife do IFPE, no ITEP e no CRCN/CETENE, chegou se a conclusão de que sua configuração é compatível com as recomendações do programa nacional de controle da dengue, apenas com diferenças funcionais em relação ao substrato utilizado e forma de confecção.

Observou-se também uma concentração de patentes orientadas para o controle dos mosquitos, mas não para seu monitoramento, fato que indica a orientação dos investimentos tecnológicos nas consequências e não nas causas da infestação, uma vez que as informações demográficas da população de *Aedes* spp. são essenciais para a prevenção de novos surtos dos vetores de arboviroses.

O desenvolvimento e disseminação da tecnologia analisada se fundamenta em um conjunto de recomendações e instrumentos de gestão ambiental orientados para o monitoramento cidadão do mosquito *Aedes aegypti*. Tal abordagem visa associar a teoria e a realidade, a fim de identificar os parâmetros e variáveis necessários para realizar uma análise da geração de dados e monitoramento das ovitrampas, partindo do engajamento da população. Para tanto, faz-se necessário o desenvolvimento de tecnologias acessíveis e de simples escalabilidade, convergindo para a produção de conhecimento estrategicamente compartilhado.

A fim de atingir tais objetivos, considera-se que a tecnologia adotada não deve sofrer restrições patentárias, as quais poderiam impedir a difusão em ampla escala das mesmas (MACEDO; BARBOSA, 2000). Outrossim, há que considerar-se a importância fundamental do envolvimento das entidades públicas no financiamento, manutenção e controle dos dados adquiridos por meio da participação da população na coleta de dados sobre a evolução da epidemia de *Aedes aegypti*.

A tecnologia de visão computacional, seus componentes tecnológicos numa perspectiva de aplicativo do sistema Aetrapp.org, por sua vez, orientado pela aplicação da aetrampa, se mostra ainda imatura tecnologicamente, entre as fases 3 e 4 de desenvolvimento, que exigem o desenvolvimento de um protótipo viável e escalável para seguir às próximas fases de maturação e se concretizar como um produto utilizável.

A revisão bibliográfica narrativa e o levantamento patentário do cenário tecnológico voltado ao monitoramento de mosquitos *Aedes aegypti* realizados evidenciaram tanto a necessidade de controle populacional deste inseto, quanto um crescimento abrupto das pesquisas e tecnologias associadas ao tema, a partir de 2004, com um forte avanço entre 2013 e 2014, quando as atenções dos pesquisadores se voltaram para as armadilhas desenvolvidas para ovos, com foco no extermínio dos insetos.

O estudo comparativo entre o monitoramento de armadilhas de oviposição tradicionais e o modelo indicado pelo sistema Aetrapp.org evidenciou falhas críticas neste sistema, notadamente instabilidades de software e baixa capacidade de armazenamento de dados e dificuldades para o desenvolvimento em sistemas android e ios.

Além destas, foram observadas falhas ambientais, como a evaporação da água das armadilhas em dias muito quentes; falhas logísticas no transporte e armazenamento das palhetas, que tendem a destruir os ovos, impedindo a identificação dos mesmos pelo aplicativo.

A análise comparada permitiu ainda identificar pontos de atenção no sistema e propor mudanças com vistas à adequação tecnológica do sistema Aetrapp.org, por meio de um plano de ação elaborado com vistas a torná-lo um produto viável, escalável e utilizável, cumprindo assim os objetivos de pesquisa propostos no início desta jornada.

O projeto foi ainda selecionado no programa InovaLabs- FIOCRUZ (Rodada 04), onde passou por contribuições de mentores especialistas para refinar os seus conceitos e modelos de aplicação, assim como as estratégias tecnológicas. Durante o programa, o projeto recebeu diversas mentorias especializadas em temas de saúde pública, inovação, design e usabilidade, modelo de negócios.

Um ponto importante seria visitar o código para implantar as melhorias aqui discutidas, e validadas pelos especialistas do programa Inovalabs e equipe Fiocruz. Esta nova fase do projeto junto a instituição pode trazer novos aprendizados a partir dos experimentos aqui discutidos.

Atualmente o sistema Aetrapp.org encontra-se em processo de transferência tecnológica, do Instituto Invento para a FIOCRUZ, e o autor acredita que os aprendizados conjuntos trazem um caminho para novos colaboradores.

Uma das oportunidades identificadas no período foi o aumento do uso de sistemas de saúde digital, por conta da pandemia do SarsCOV2, 80% dos municípios brasileiros adotaram sistemas informatizados para serviços de saúde para a população, dentre eles, uma parte se destaca como voltada para o monitoramento de mosquitos *Aedes*. Propõe-se que o sistema Aetrapp.org pode elaborar estratégias tecnológicas para realizar parcerias e se conectar

diretamente nos sistemas de saúde municipais, com o apoio da FIOCRUZ no desenvolvimento tecnológico e coordenação científica.

Ainda nos casos em que as palhetas seguiram o modelo de fotografia descrito pela plataforma, o algoritmo de leitura não teve êxito nas contagens dos ovos dispostos. Destacam-se como fatores críticos para o sucesso do sistema Aetrapp:

- a. A aceitação das aetrampas pela fêmea do mosquito;
- b. A forma de armazenamento das palhetas retiradas;
- c. O processo de transporte realizado; e
- d. A indisponibilidade do sistema atual durante o período da pandemia.

A aceitação das aetrampas foi demonstrada neste e nos experimentos prévios, mas conforme discutido, a experimentação de substratos alternativos pode trazer melhorias para o projeto como um todo.

O armazenamento das palhetas foi uma necessidade imposta pelo período de lockdown, mas sugere-se que novos experimentos realizem o registro pictórico de forma imediata a partir da manutenção das armadilhas, seguindo as recomendações do caderno pedagógico.

Sobre o processo de transporte e as metodologias do projeto, acredita-se que o projeto pode se beneficiar de concentrar seus esforços em equipes de controle de arbovirose por órgãos oficiais, que possam oferecer suporte e orientação a população que queira participar, para reduzir riscos de perdas de amostras ou outros erros de manutenção das aetrampas e no registro pictórico.

Com a transferência do projeto e seus sistemas para a Fiocruz, acredita-se que o repositório do projeto no Gitlab/Aetrapp e seus sistemas sejam melhorados e refaturados, possibilitando uma maior disponibilidade. Considera-se crítica a melhoria das regras do sistema de processamento de imagem, que é a porta de entrada para os dados e para o registro das amostras.

Fica como recomendação para pesquisas futuras a demanda por análises aprofundadas quanto ao monitoramento de processos associados a armadilhas do tipo ovitrampas, bem como a necessidade de testar e desenvolver e padronizar materiais e sistemas de reconhecimento de imagens mais adequados para o controle de populações de mosquitos.

REFERÊNCIAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR ISO 9241-11:2021**. [S. l.]: ABNT, 2021(ISO, 9000). Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=473066>. Acesso em: 8 set. 2021.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ISO/IEC 25010:2011**. [S. l.]: ABNT, 2011(ISO, 25000). Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=86628>. Acesso em: 8 set. 2021.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 16290:2015 Sistemas espaciais — Definição dos níveis de maturidade da tecnologia (TRL) e de seus critérios de avaliação**. [S. l.]: ABNT, 2015. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=344747>. Acesso em: 8 set. 2021.
- ACIOLY, Ridelane Veiga. **O uso de armadilhas de Oviposição (ovitrampas) como ferramenta para monitoramento populacional do *Aedes* spp. em bairros do Recife**. 2006. 132 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Centro de Pesquisa Aggeu Magalhães – Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 2006.
- AETRAPP. Aetrapp. 2021. **GitLab**. Disponível em: <https://gitlab.com/Aetrapp>. Acesso em: 6 set. 2021.
- ALVES, Leon Diniz. **Desenvolvimento de um sistema de baixo custo para contagem automática de ovos de *Aedes aegypti* usando técnicas de processamento de imagens**. 2016. 77 f. Dissertação (mestrado) – Escola de Matemática Aplicada – Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2016.
- APAOLAZA, Unai; LIZARRALDE, Aitor; OYARBIDE-ZUBILLAGA, Aitor. Modern Project Management Approaches in Uncertainty Environments: A Comparative Study Based on Action Research. **Sustainability**, v. 12, n. 24, p. 10542, 16 dez. 2020. DOI 10.3390/su122410542. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/24/10542>. Acesso em: 7 set. 2021.
- APPLE INC. Color Programming Topics. 2013. **Documentation Archive**. Disponível em: <https://developer.apple.com/library/archive/documentation/Cocoa/Conceptual/DrawColor/Concepts/AboutColorSpaces.html>. Acesso em: 6 set. 2021.
- AULIVE SOFTWARE NV. PatentInspiration. 2021. **Patent Inspiration**. Disponível em: <https://app.patentinspiration.com/#report/3Ff7bB36768e/filter>. Acesso em: 8 set. 2021.
- BIOGENTS. BG-Sentinel: Biogents' Professional Mosquito Trap. 2021. **The BG-Sentinel: Biogents' mosquito trap for researchers**. [Comercial]. Disponível em: <https://bg-sentinel.com/>. Acesso em: 31 ago. 2021.
- BRAGA, Ima Aparecida; VALLE, Denise. *Aedes aegypti*: vigilância, monitoramento da resistência e alternativas de controle no Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 16, n. 4, dez. 2007. DOI 10.5123/S1679-49742007000400007. Disponível em: http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742007000400007&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 31 ago. 2021.
- BRAZ SOUSA, Larissa; FRICKER, Stephen R.; DOHERTY, Seamus S.; WEBB, Cameron E.;

BALDOCK, Katherine L.; WILLIAMS, Craig R. Citizen science and smartphone entomology enables low-cost upscaling of mosquito surveillance. **Science of The Total Environment**, v. 704, p. 135349, fev. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135349>.

BRASIL, Ministério da Saúde. Diretrizes Nacionais para a Prevenção e Controle de Epidemias de Dengue. 2009. **Ministério da Saúde**. [Governamental]. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_nacionais_prevencao_controle_Dengue.pdf. Acesso em: 31 ago. 2021

BRASIL, Ministério da Saúde. Combate ao *Aedes Aegypti*: prevenção e controle da Dengue, Chikungunya e Zika. 2017. **Ministério da Saúde**. [Governamental]. Disponível em: <https://antigo.saude.gov.br/saude-de-a-z/combate-ao-Aedes>. Acesso em: 31 ago. 2021.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Dengue instruções para pessoal de combate ao vetor: manual de normas técnicas**. 3. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2001. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/funasa/man_Dengue.pdf. Acesso em: 31 ago. 2021.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Vírus Zika no Brasil: a resposta do SUS** [recurso eletrônico] / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2017. 136 p.: il. Modo de acesso: World Wide Web: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/virus_zika_brasil_resposta_sus.pdf. Acesso em 20 de outubro de 2021

BRASIL, Ministério da Saúde. Indicadores Municipais de Saúde. 2019. Disponível em: <http://www.saude.gov.br/repasses-financeiros/siops/indicadores>. Acesso em: 11 out. 2019.

BRASIL, Ministério da Saúde. NOTA TÉCNICA N.º 3/2014/IOC-FIOCRUZ/DIRETORIA. **IOC-FIOCRUZ**, 22 maio 2014. Disponível em: http://www.fiocruz.br/ioc/media/nota_tecnica_ioc_3.pdf. Acesso em: 31 ago. 2021.

BUENO, Chris. Envolver não cientistas em pesquisas pode apoiar a aprendizagem e o engajamento do público com a ciência. **Ciência e Cultura**, v. 71, n. 1, p. 16–19, jan. 2019. DOI 10.21800/2317-66602019000100006. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252019000100006&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 31 ago. 2021.

CANOSSA, Gabriela Caroline Coelho; STELUTE, Leticia Bugança; CELLA, Daltro. *vírus Zika*: análise, discussões e impactos no Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 7, p. 4187–4198, nov. 2018. Disponível em: www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/494/427. Acesso em: 31 ago. 2021.

CLARIVATE. Web of Science. 2021. Disponível em: <https://access.clarivate.com/>. Acesso em: 8 set. 2021.

DA SILVA, Marilú Gomes Netto Monte; RODRIGUES, Marco Aurélio Benedetti; DE ARAUJO, Renato Evangelista. Sistema de aquisição e processamento de imagens de ovitrampas para o combate à Dengue. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**, v. 28, n. 4, p. 364–374, 2012. DOI 10.4322/rbeb.2012.043. Disponível em: <http://rbejournal.org/doi/10.4322/rbeb.2012.043>. Acesso em: 31 ago. 2021.

DEPOLI, Priscila Aparecida Claro; ZEQUI, João Antonio Cyrino; NASCIMENTO, Kauani

Larissa Campana; LOPES, José. Eficácia de Ovitrapas com Diferentes Atrativos na Vigilância e Controle de *Aedes*. **EntomoBrasilis**, v. 9, n. 1, p. 51–55, 29 abr. 2016. DOI 10.12741/ebrasilis.v9i1.509. Disponível em: <https://www.entomobrasilis.org/index.php/ebras/article/view/ebrasilis.v9i1.509>. Acesso em: 31 ago. 2021.

DESAFIO DE IMPACTO SOCIAL GOOGLE 2016 | WWF-BRASIL. [s. d.]. **Desafio de Impacto Social Google 2016 | WWF-Brasil**. Disponível em: <https://desafiosocial.withgoogle.com/brazil2016/charities/wwf-brasil>. Acesso em: 21 dez. 2021.

DINIZ, Michely Correia. Nível de Maturidade Tecnológica (TRL/MRL) — NIT Núcleo de Inovação Tecnológica. 2021. Núcleo de Inovação Tecnológica - Universidade Federal do Vale do São Francisco. [Institucional]. Disponível em: <https://portais.univasf.edu.br/nit/portfolio-tecnologico/nivel-de-maturidade-tecnologica>. Acesso em: 8 set. 2021.

EIRAS, A. E. **Armadilha para captura de mosquitos**. Depósito de patente no Brasil: [s. n.], 2002. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/>. Acesso em: 6 set. 2021.

EIRAS, A. E.; GAMA, R. A.; SILVA, I. M. **Armadilha modificada para captura do principal mosquito vetor da malária anopheles darlingi [BG-Sentinela]**. Depósito de patente no Brasil: [s. n.], 2008. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/>. Acesso em: 6 set. 2021.

EIRAS, A. E.; MOTA, R. M. **Dispositivo para captura de mosquitos com estrutura em forma de grade**. Depósito de patente no Brasil: [s. n.], 2019. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/>. Acesso em: 6 set. 2021.

ELSEVIER. Scopus | O maior banco de dados da literatura revisada por pares. 2021. **Elsevier.com**. Disponível em: <https://www.elsevier.com/pt-br/solutions/scopus>. Acesso em: 8 set. 2021.

EUROPEAN PATENT OFFICE. Espacenet – patent search. 2021. **Espacenet: free access to over 120 million patent documents**. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/>. Acesso em: 8 set. 2021.

FEITOSA, Luziana do Nascimento. **Sistema de contagem automática de ovos do *Aedes aegypti* a partir de Processamento de Imagens das palhetas de Ovitrapas**. 2015. 42 f. TCC (Graduação) - Curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Pau dos Ferros-RN, 2015.

FIOCRUZ, Fundação Oswaldo Cruz - Rondônia. Biblioteca Digital. 2021. **Fiocruz Rondônia**. Disponível em: <https://www.rondonia.fiocruz.br/biblioteca-digital/>. Acesso em: 6 set. 2021.

FLEURY, A. t.; TRIGO, F. C.; MARTINS, F. P. R. Application of computer vision and Kalman filtering techniques to identify oil flames nebulization quality. *In: PROCEEDINGS OF COBEM 2009*, 19., 2009. **20th International Congress of Mechanical Engineering [...]**. Rio de Janeiro: ABCM - Associação Brasileira de Ciências Mecânicas, 2009. v. 19, p. 1–10.

FOLHA DE SÃO PAULO, **Medo da Covid-19 aumenta recusa de visitas de agentes para combate à dengue em SP - 20/01/2021 - Cotidiano - Folha**. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2021/01/medo-da-covid->

19-aumenta-recusa-de-visitas-de-agentes-para-combate-a-dengue-em-sp.shtml>. Acesso em: 27 dez. 2021.

GALATI, Eunice A. B.; CAMARA, Tamara N. de L.; NATAL, Delsio; CHIARAVALLOTI-NETO, Francisco. Mudanças climáticas e saúde urbana. **Revista USP**, n. 107, p. 79, 17 dez. 2015. DOI 10.11606/issn.2316-9036.v0i107p79-90. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/115116>. Acesso em: 31 ago. 2021.

GITLAB. `scripts/Application.py` · master · aetrapp / ips. 18 nov. 2021. **GitLab**. Disponível em: <https://gitlab.com/aetrapp/image-processing-service/-/blob/master/scripts/Application.py>. Acesso em: 18 nov. 2021.

GOMES, Almério de Castro. Medidas dos níveis de infestação urbana para *Aedes (stegomyia) aegypti* e *Aedes (stegomyia) albopictus* em Programa de Vigilância Entomológica. **Informe Epidemiológico do Sus**, v. 7, n. 3, p. 49–57, set. 1998. <https://doi.org/10.5123/S0104-16731998000300006>.

GOMES, Almério de Castro; SILVA, Nilza Nunes da; BERNAL, Regina Tomie Ivata; LEANDRO, André de Souza; CAMARGO, Natal Jataí de; SILVA, Allan Martins da; FERREIRA, Adão Celestino; OGURA, Luis Carlos; OLIVEIRA, Sebastião José de; MOURA, Silvestre Marques de. Especificidade da armadilha Adultrap para capturar fêmeas de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 40, n. 2, p. 216–219, abr. 2007. DOI 10.1590/S0037-86822007000200014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0037-86822007000200014&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 31 ago. 2021.

GONÇALVES, Ana Beatriz Clemente; SOARES, Flávia Mesquita; ALVIM, Rafael De Oliveira; MOURÃO JÚNIOR, Carlos Alberto; OLIVEIRA, Camila Maciel de. Dengue, Zika e Chikungunya: o combate começa nas escolas. **Experiência. Revista Científica de Extensão**, v. 2, n. 2, 22 dez. 2017. DOI 10.5902/2447115121991. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/experiencia/article/view/21991>. Acesso em: 31 ago. 2021.

GONZALEZ, Rafael C.; WOODS, Richard E. **Digital image processing**. 2nd ed. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall, 2002.

HONÓRIO, Nildimar Alves; CASTRO, Márcia Gonçalves; BARROS, Fábio Saito Monteiro de; MAGALHÃES, Mônica de Avelar Figueiredo Mafra; SABROZA, Paulo Chagastelles. The spatial distribution of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in a transition zone, Rio de Janeiro, Brazil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 25, n. 6, p. 1203–1214, jun. 2009. DOI 10.1590/S0102-311X2009000600003. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2009000600003&lng=en&tlng=en. Acesso em: 31 ago. 2021.

HONÓRIO, Nidimar Alves; REIS, Izabel; GIBSON, Gerusa; SCATOLINI, Odair; OLIVEIRA, Marcelo; PINEL, Célio; PINHEIRO, Carmen; PEREIRA, Gláucio; FERNANDES, Renata; PINHEIRO, Luciane; RODRIGUES, Fernanda; GONÇALVES, Larissa. Teste e avaliação de uma nova armadilha de Oviposição para mosquitos *Aedes* como ferramenta para o desenvolvimento de uma vigilância entomológica civil. Contrato por produto. Contrato 00908-2016). Núcleo Operacional Sentinela de Mosquitos Vetores-Nosmove/Fiocruz. Fevereiro de 2017. Acesso em 31. De agosto 2021.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Processamento Digital de Imagens Fundamentos Teóricos Iniciais. 2021. **Programação em C - Capítulo 1**. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/~carlos/Academicos/Cursos/Pdi/pdi_teorias.html. Acesso em: 6 set. 2021.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Teoria: Processamento de Imagens. 2020. **dpi.inpe.br**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/teoria/filtrage/filtragem.htm>. Acesso em: 6 set. 2021.

INPI, Instituto Nacional da Propriedade Industrial. PI - Pesquisa em Propriedade Industrial. 2021. **INPI**. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/>. Acesso em: 8 set. 2021.

IOC, Instituto Oswaldo Cruz. Dengue: vírus e vetor. 2021. **FIOCRUZ**. Disponível em: <http://www.ioc.fiocruz.br/Dengue/textos/oportunista.html>. Acesso em: 8 set. 2021.

JULIÃO, G. R. **Comparação entre Aetrapp e Ovitrapa Variabilidade de Registros Pictóricos Substratos Alternativos**. Monitoramento, n. Versão Final. Porto Velho: Fundação Oswaldo Cruz - Rondônia - Laboratório de Entomologia, 2018.

MACEDO, Maria Fernanda Gonçalves; BARBOSA, A. L. Figueira. **Patentes, pesquisa & desenvolvimento: um manual de propriedade intelectual**. Rio de Janeiro, RJ: Editora FIOCRUZ, 2000.

MANICA, Mattia; ROSÀ, Roberto; DELLA TORRE, Alessandra; CAPUTO, Beniamino. From eggs to bites: do ovitrap data provide reliable estimates of *Aedes albopictus* biting females? PeerJ, v. 5, p. e2998, 16 mar. 2017. DOI 10.7717/peerj.2998. Disponível em: <https://peerj.com/articles/2998>. Acesso em: 7 set. 2021.

MANKINS, j. c. Technology readiness levels. 1995. Disponível em: http://www.artemisinnovation.com/images/TRL_White_Paper_2004-Edited.pdf. Acesso em: 8 set. 2021.

MARTINS, Victor Emanuel Pessoa; ALENCAR, Carlos Henrique Morais de; FACÓ, Patrícia Emília Gomes; DUTRA, Rosa Fireman; ALVES, Carlucio Roberto; PONTES, Ricardo José Soares; GUEDES, Maria Izabel Florindo. Distribuição espacial e características dos criadouros de *Aedes albopictus* e *Aedes aegypti* em Fortaleza, Estado do Ceará. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 43, n. 1, p. 73–77, fev. 2010. DOI 10.1590/S0037-86822010000100016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0037-86822010000100016&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 8 set. 2021.

MELLO, Carlos; DOS SANTOS, Wellington P.; RODRIGUES, Marco A. B.; CANDEIAS, Ana Lucia; GUSMÃO, Cristine; PORTELA, Nara. Automatic Counting of *Aedes aegypti* Eggs in Images of Ovitrap. **Recent Advances in Biomedical Engineering**. [S. l.]: InTech, 2009. DOI 10.5772/7481. Disponível em: <http://www.intechopen.com/books/recent-advances-in-biomedical-engineering/automatic-counting-of-Aedes-aegypti-eggs-in-images-of-ovitraps>. Acesso em: 31 ago. 2021.

MENESES, M. Estudo compara métodos para medir infestação por *Aedes aegypti*. 2014. **Instituto Oswaldo Cruz**. [Arquivo de notícias]. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/ioc/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inford=2135&sid=32&tpl=printerview>. Acesso em: 7 set. 2021.

MILARÉ, Édis. **Direito do Ambiente**. 7. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2011.

OLIVEIRA, Alexandre de Araújo. **Estudo comparativo sobre a eficácia de dois substratos de oviposição em armadilhas de ovitrampas para vigilância de vetores de Dengue no município de Nova Iguaçu**. 2017. 52 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Tropical). Instituto Oswaldo Cruz – Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2017.

OLIVEIRA, Izes Regina de; MILIOLI, Geraldo. **Sustentabilidade urbana & ecossistema: relações entre a sociedade, o desenvolvimento e o meio ambiente nos municípios**. Curitiba: Juruá Editora, 2014.

OLIVEIRA, S. S. **Análise espacial e temporal da infestação por *Aedes aegypti* mensurada por ovitrampas para geração de alerta precoce de Dengue no município do Rio de Janeiro**. 2016. 136 f. Dissertação (Epidemiologia em Saúde Pública) Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca – Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2016.

PANCETTI, Filipe Gabriel Menezes; HONÓRIO, Nildimar Alves; URBINATTI, Paulo Roberto; LIMA-CAMARA, Tamara Nunes. Twenty-eight years of *Aedes albopictus* in Brazil: a rationale to maintain active entomological and epidemiological surveillance. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 48, n. 1, p. 87–89, fev. 2015. DOI 10.1590/0037-8682-0155-2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0037-86822015000100087&lng=en&tlng=en. Acesso em: 31 ago. 2021.

PEPE, Vera Lucia Edais; ALBUQUERQUE, Mariana Vercesi de; OSORIO-DE-CASTRO, Claudia Garcia Serpa; PEREIRA, Claudia Cristina de Aguiar; OLIVEIRA, Catia Verônica dos Santos; REIS, Lenice Gnocchi da Costa; REIS, Carla de Barros; DIAS, Henrique Sant’Anna; MIRANDA, Elaine Silva. Proposta de análise integrada de emergências em saúde pública por arboviroses: o caso do *vírus Zika* no Brasil. **Saúde em Debate**, v. 44, n. spe2, p. 69–83, jul. 2020. <https://doi.org/10.1590/0103-11042020e205>.

PERES, L. M. Aplicação de Processamento Digital de Imagens a problemas de engenharia. 2010. 86 f. Dissertação - Faculdade de Engenharia – Universidade Federla do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

PHILIPPI, Arlindo. **Educação ambiental e sustentabilidade**. São Paulo: USP, 2013.

RECIFE, Prefeitura da Cidade. **Plano de Enfrentamento às arboviroses transmitidas pelo *Aedes aegypti***. Recife: [s. n.], 2019. Disponível em: http://www2.recife.pe.gov.br/sites/default/files/plano_enfrentamento_2019_18.12.2018.pdf. Acesso em: 31 ago. 2021.

ROTHER, Edna Terezinha. Revisão sistemática X revisão narrativa. **Acta Paulista de Enfermagem**, v. 20, n. 2, p. v–vi, jun. 2007. DOI 10.1590/S0103-21002007000200001. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-21002007000200001&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 17 ago. 2021.

SALDAÑA, Erick; SICHE, Raúl; LUJÁN, Mariano; QUEVEDO, Roberto. Review: computer vision applied to the inspection and quality control of fruits and vegetables. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 4, p. 254–272, dez. 2013. <https://doi.org/10.1590/S1981-67232013005000031>.

SALES, J. B. R.; Oliveira, E. J. A.; Navarro, D.M.A.F.; Amorim, L. B.; BRANDÃO, S.S. F. Estudo populacional do mosquito *Aedes aegypti* e medidas de intervenção em campo com o uso de óleo essencial de *Croton rhamnifolioides* com efeito deterrente. *Periódico Tchê Química* (meio eletrônico), v. 16, p. 1017-1028, 2019.

SANTOS, S. R. A.; MELO-SANTOS, M. A. V.; REGIS, L.; ALBUQUERQUE, C. M. R. Field Evaluation of Ovitrap Consociated with Grass Infusion and *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* to determine Oviposition Rates of *Aedes aegypti*. **Dengue Bulletin**, Vol 27, p. 156 - 162, 2003.

SANTOS, Maria Alice Varjal de Melo. *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae): estudos populacionais e estratégias integradas para controle vetorial em municípios da Região metropolitana do Recife, no período de 2001 a 2007. 2008. 220 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães – Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 2008.

SCATOLINI, Oda; CECCON, Sheila; COUTO, Sonia (Org.). **Vamos precisar de todo mundo: caderno de orientações teórico-prático- pedagógicas: Aetrapp - monitoramento cidadão de focos de mosquitos**. São Paulo: Instituto Paulo Freire; Brasília: WWF-Brasil, 2018.

SCHANDA, János. **Colorimetry Understanding the CIE System**. [S. l.: s. n.], 2008. Disponível em: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:101:1-201411293251>. Acesso em: 6 set. 2021.

SCIENCEDIRECT. Science, health and medical journals, full text articles and books. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/>. Acesso em: 8 set. 2021.

SILVA, Éllyda Vanessa G. Uso de ovitrapas como instrumento para o monitoramento populacional de *Aedes aegypti* (diptera: culicidae) em áreas urbanas de Olinda. 2009. 66 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal), Universidade Federal de Pernambuco. IFPE. Recife, 2009.

TORTORA, Gerard J; FUNKE, Berdell R; CASE, Christine L; CASALI, Agnes Kiesling; BOLNER, Ane Rose; CORÇÃO, Gertrudes; FERREIRA, Henrique Bunselmeyer; SCHRANK, Irene Silva; PASSAGLIA, Luciane Maria Pereira; BOGO, Maurício Reis; FARIAS, Sandra Estrazulas. **Microbiologia**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

UNIT – Universidade de Tiradentes. Casos de Dengue e Chikungunya crescem em todo país após a pandemia. Disponível em: <https://portal.unit.br/blog/noticias/casos-de-Dengue-e-chikungunya-crescem-em-todo-o-pais-apos-a-pandemia/> publicado em 26/07/2021. Acessado em 20 de outubro 2021

URTEAGA-REYESVERA, J. Carlos; POSSANI-ESPINOSA, Andre. Scorpions: Classification of poisonous species using shape features. *In*: 2016 INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRONICS, COMMUNICATIONS AND COMPUTERS (CONIELECOMP), fev. 2016. **2016 International Conference on Electronics, Communications and Computers (CONIELECOMP)** [...]. Cholula, Mexico: IEEE, fev. 2016. p. 125–129. DOI 10.1109/CONIELECOMP.2016.7438563. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7438563/>. Acesso em: 31 ago. 2021.

VELHO, Sérgio; SIMONETTI, Marcos; SOUZA, Carlos; IKEGAMI, Yoshiro. Nível de Maturidade Tecnológica: uma sistemática para ordenar tecnologias. **Parcerias Estratégicas**, v. 22, n. 45, p. 119–139, 2017. ISBN 2176-9729. Disponível em:

http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/867/793. Acesso em: 08 set. 2021.

WEVERS, Melvin.; SMITS, Thomas. The visual digital turn: Using neural networks to study historical images. **Digital scholarship in the humanities**, 2019. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/330902210_The_visual_digital_turn_Using_neural_networks_to_study_historical_images>. Acesso em: 27 dez. 2021.

WIPO, World Intellectual Property Organization. WIPO - World Intellectual Property Organization. 2021. **WIPO**. Disponível em: <https://www.wipo.int/>. Acesso em: 8 set. 2021.