

Desenvolvimento de armadilhas inteligentes para detecção de insetos alados em ambientes urbanos e rurais

Marisa Franzoni (CTI) marisa.franzoni@cti.gov.br

Resumo

*A utilização de novas tecnologias voltadas à saúde pública e à conservação dos recursos naturais é um pressuposto fundamental para orientar a tomada de decisões no âmbito das esferas pública e privada. O desenvolvimento técnico-científico prevê contribuir de forma positiva para a qualidade de vida da população e com o equilíbrio ecológico dos ecossistemas naturais. O objetivo deste artigo é discutir os resultados obtidos a partir da construção de um protótipo voltado à detecção e identificação de insetos alados; mais precisamente, demonstrar o desempenho do sistema de cerca fotônica no tangente ao comportamento desses insetos. A partir de resultados bem-sucedidos em laboratório, a proposta é aprimorar a operacionalidade do sistema para a captura e identificação de demais insetos alados, como o mosquito *Aedes Aegypti*, que é um vetor de transmissão de várias doenças, como, Zika, Dengue e Chikungunya, bem como, de flebotomíneos, insetos causadores da leishmaniose visceral e tegumentar, entre outras. Espera-se, dessa forma, contribuir com o monitoramento de insetos vetores de doenças em ambientes abertos e fechados a partir do desenvolvimento de um sistema inteligente e de baixo custo.*

Palavras-chave: Detecção; insetos alados vetores de doença; sistema óptico.

1. Introdução

A importância dos insetos para a manutenção do equilíbrio ecológico, não somente pelo seu papel polinizador, mas, também, pela sua função na cadeia trófica, é bastante conhecida, contudo, são transmissores de muitas doenças e pragas, algumas podendo levar animais e homem a morte.

A necessidade de localizar, conhecer e identificar os insetos vetores de doenças é uma preocupação mundial. É estimado que a dengue, doença transmitida pela picada do mosquito *Aedes aegypti* é considerada endêmica em mais de 100 países, e afeta entre 50 e 100 milhões de pessoas no mundo (WHO, 2009; SILVA *et al*, 2015). A malária, doença transmitida pelo mosquito do gênero *Anopheles* afeta 6% da população do mundo (WHO, 2012). Segundo a Organização Mundial da Saúde, a cada ano quase 2 milhões de novos casos de leishmaniose são registrados no mundo (OMS, 2011). Medidas governamentais voltadas à conscientização e segurança da população, bem como ao enfrentamento de endemias por parte dos serviços de saúde têm sido significativamente ampliadas.

As populações de insetos podem ser controladas por meio de métodos químicos, biológicos e mecânicos e, apesar do grande dispêndio de investimentos financeiro e pessoal nessas três frentes, a eficiência dos sistemas existentes é objeto de muitas discussões e aprimoramentos.

A capacidade de adaptação de alguns insetos vetores de doenças e o ressurgimento de infestações de doenças transmitidas por esses, que em alguns casos já apareciam como erradicadas, têm chamado a atenção de especialistas. A utilização indiscriminada de produtos químicos sobre uma determinada região, focada na eliminação de insetos nocivos, poderá

comprometer os recursos naturais, como água, solo e ar, e reduzir a ocorrência de espécies não nocivas. Ademais, pesquisas recentes têm chamado a atenção para a frequência de resistência apresentada por determinados insetos quanto ao uso de inseticidas (OBARA, 2010). As ações antrópicas contribuem com esse quadro, uma vez que a urbanização e a consequente redução de áreas verdes nas cidades são consideradas uma grande oportunidade para os mosquitos vetores de doenças, dadas suas adaptações em áreas urbanas, bem como ao fato de serem beneficiados pelo declínio de outras espécies de mosquitos.

Obter indicadores mais abrangentes e mais precisos das áreas mais susceptíveis à transmissão de insetos vetores de doenças e causadores de pragas faz parte da estratégia de planejamento e de medidas de proteção à saúde da população que vive em centros urbanos e próxima às matas, e poderão orientar as buscas pela erradicação do vetor em conjunto com estratégias de saneamento ambiental, mobilização da sociedade, vacinação e educação.

Entre as diferentes tecnologias utilizadas para o manejo de insetos vetores transmissores de doenças, a proposta por Silva *et al* (2015) apresenta grande potencial de implementação. Essas pesquisas utilizam sensores a *laser* com a finalidade de monitorar populações de insetos nocivos à saúde humana. Os sinais extraídos pelo sensor são filtrados, bem como amplificados por meio de placas de um circuito eletrônico e transferidos para um computador para fins de análise (SILVA *et al*, 2014; CHEN, 2014).

Neste artigo será apresentado o desenvolvimento de um equipamento de captura de insetos alados a partir de um sistema de varredura a *laser*/LED infravermelho e sensores ou receptores infravermelho. Trata-se de um equipamento autônomo, móvel e de baixo custo, voltado para a identificação, em tempo real, de insetos alados. Com base nos conceitos discutidos por Silva *et al* (2015) buscar-se-á a aplicação e adaptações da cerca fotônica em ambientes abertos e fechados; neste último caso, ajustados à portas e janelas. Espera-se que o sistema proposto seja seletivo em relação à captura de espécies de insetos e possa contribuir com o sistema de saúde ao identificar e localizar as áreas mais sujeitas a epidemias de doenças transmitidas por esses vetores.

2. Referencial Teórico

Existe uma lacuna na literatura no que se refere a um sistema de captura e identificação de insetos transmissores de doenças adaptado a diferentes ambientes, e que o monitoramento dos alados seja realizado de forma rápida. Os modelos mais comumente utilizados para esse fim, atualmente, consistem na utilização de mais de um método de captura ao mesmo tempo.

Para se evidenciar hospedeiros hematofágicos preferenciais, utilizavam-se iscas animais e ou humanas (ANDRADE, 2010). Esse método era empregado em conjunto com uma armadilha luminosa, mas foi ao longo do tempo descartado por uma questão ética. As armadilhas consistiam de um tubo captador (tubo de Castro) que era colocado nos locais próximos aos abrigos das espécies para serem capturadas, e poderiam ser acopladas a armadilhas luminosas, de pano e munidas de iscas animais.

As armadilhas luminosas automatizadas consistem num pote coletor com luz incandescente ou ultravioleta com um ventilador para a sucção do inseto (armadilhas tipo Disney e Shanon). Uma limitação no uso de armadilhas luminosas é que espécies distintas de insetos respondem de forma diferente em relação ao um estímulo luminoso, apresentando, inclusive, capacidade de distinguir cores, e ainda, preferência por intensidade e comprimentos de ondas. Armadilhas que possuem como atrativo o suor humano, ainda que sem CO₂, têm se mostrado eficientes na captura de insetos hematofagos. O suor humano consiste num poderoso feromônio (ANDRADE, 2010).

A armadilha luminosa do tipo CDC (*Centers for Disease Control*) envolve uma pequena fonte luminosa, e os insetos são sugados por uma ventoinha para o interior de um recipiente quando se aproximam da luz (GORAYEB, 2013). Armadilhas do tipo HP consistem, na maioria das vezes, num aprimoramento das armadilhas tipo CDC.

A vantagem da utilização de sensores na captura e monitoramento de insetos de forma rápida é, por assim dizer, um avanço em relação aos métodos existentes (SILVA *et al.*, 2015).

Os sensores permitem monitorar populações de insetos de forma mais rápida, a partir de um sistema capaz de identificar a frequência sonora em que diferentes insetos voadores batem as asas, além de outros dados importantes para classificá-los. O movimento das asas desses insetos produz um tom sonoro contínuo com uma frequência determinada. O som emitido no voo é característico de cada espécie e é diferente para machos e fêmeas. Atualmente, o número aproximado de espécies de mosquitos existentes descritos no mundo é 3.500. É pouco provável que a identificação de um inseto específico, com elevado índice de seletividade ocorra, considerando, apenas, a frequência do batimento das asas. Assim, a forma mais adequada para a identificação das espécies requer uma associação de algumas características do inseto, como tamanho, massa, ritmo circadiano das atividades do voo e outras.

Arthur *et al.* (2014) realizaram experimentos com *Aedes aegypti* criados em laboratório em ambiente controlado, e simularam algumas características do seu *habitat*, tais como temperatura (variando de 22°C a 30°C) e umidade relativa ($75 \pm 7\%$) e obtiveram a frequência média de voo dos machos de 711 ± 78 Hz e das fêmeas de 511 ± 46 Hz.

Os experimentos de Cator *et al.* (2011) foram realizados na Tailândia, em ambiente onde os mosquitos *Aedes aegypti* são naturalmente encontrados. A temperatura ambiente medida foi de $32,6 \pm 0,5^\circ\text{C}$ e a umidade relativa do ar foi de $49,9 \pm 1,9\%$. Os dados foram obtidos considerando-se voos solitários e em ritual de acasalamento. Quando em voo solitário, a frequência média do bater das asas dos machos foi de 982 ± 1 Hz e a das fêmeas de $664,3 \pm 4,6$ Hz. Em voos emparelhados, a frequência média de voo dos machos foi de $989,3 \pm 7,4$ Hz e a das fêmeas de $609,1 \pm 48,5$ Hz (SILVA *et al.*, 2015; MOORE, 1986, MOORE, 1998).

Costello (1974, *apud* CATOR, 2011) reportou que o aumento na temperatura ambiente causou um acréscimo na frequência da batida das asas das fêmeas do *Aedes aegypti* e, por consequência, na dos machos, que alteram sua frequência para convergir os seus componentes harmônicos (CATOR *et al.* 2011). O autor também observou que a umidade relativa do ambiente a uma temperatura de 26°C não influenciou a frequência do bater de asas das fêmeas, mas a uma temperatura de 34°C, o aumento da umidade relativa provocou um acréscimo na frequência no bater de asas das mesmas.

A maioria dos insetos bate as asas em velocidades diferentes, de acordo com seu tamanho e outras características morfológicas, e em frequências sonoras que variam tipicamente entre 100 e 1.500 Hertz (SILVA *et al.* 2010). Assim, considerando a preparação de um dispositivo optoeletrônico para identificação de fêmeas da espécie *Aedes aegypti*, por exemplo, um filtro de 400 Hz a 700 Hz deveria ser utilizado para abranger a faixa de frequência característica do bater de asas desses insetos.

Desenvolvimento do protótipo

A Figura 1 apresenta o esboço do módulo de identificação unitário, contendo dois diodos emissores de luz (LED) comerciais, com emissão de luz no infravermelho, responsáveis por gerar a luz a ser detectada. Um conjunto de cinco fotorreceptores foi disposto em paralelo, na

vertical, formando uma zona de identificação no espaço localizado entre o emissor (LED infravermelho) e receptor (fotodiodos/fototransistores).

Em uma abordagem inicial, o filtro foi construído para uma faixa mais larga de frequência, de modo a permitir que os primeiros testes de detecção fossem realizados com insetos que não oferecem riscos à saúde humana, como por exemplo, a espécie *Drosophila melanogaster*. Essa abordagem permite o teste e refinamento dos circuitos eletrônicos, bem como a validação do conceito do sistema de detecção móvel.

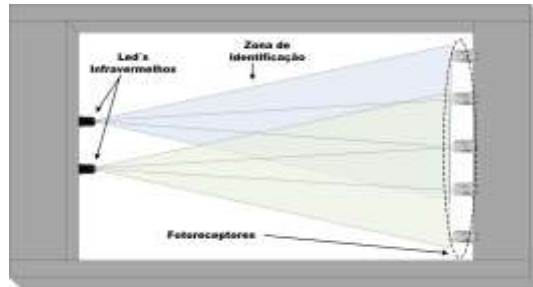


Figura 1. Esboço de protótipo para detecção de insetos alados através da identificação da frequência do bater de asas

O esquema em 3D do circuito eletrônico possui um LED indicador na saída do amplificador para verificação visual do resultado do filtro. O LED é acionado quando a frequência do bater de asas do inseto que passa na área de detecção está na faixa de frequência sintonizada pelos filtros. O circuito eletrônico do transmissor possui 2 LEDs de infravermelho.

As placas do circuito eletrônico do sistema de detecção e transmissão foram confeccionadas em um equipamento de prototipagem rápida de placas de circuito impresso da LPKF modelo S103. As placas montadas foram colocadas dentro de uma câmara de luvas, hermeticamente fechada, para operação em ambiente isolado. Esta câmara foi dividida em 2 setores, onde os insetos são confinados no setor na qual está a luva de borracha. De acordo com a Figura 2, existe uma janela entre os 2 setores da câmara e, quando os insetos passam por esta janela, são detectados pelos circuitos ilustrados na Figura 1. O sinal resultante é visualizado em osciloscópios Digital Tektornix WVGA e Tektronics TBS1102B.

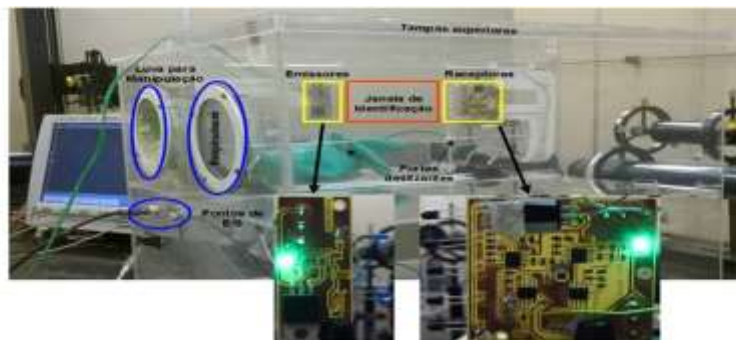


Figura 2. Câmara de luvas hermeticamente fechada, utilizada nos experimentos de detecção de insetos.

3. Resultados e Discussões

Para validação dos circuitos desenvolvidos foram utilizados insetos da espécie *Drosophila melanogaster* que ficaram confinadas na caixa de luvas (Figura 2). Foram capturadas, por meio do osciloscópio, várias amostras das interferências provocadas pelo batimento das asas do inseto no circuito receptor. Estas informações foram utilizadas para a análise da frequência de batimento das asas, através de um algoritmo no MATLAB[®] para determinar com maior acurácia a faixa de frequência das amostras capturadas.

A Figura 3a mostra o resultado da simulação feita no MATLAB[®], evidenciando a frequência de batimento das asas típico do inseto *Drosophila melanogaster*. A Figura 3b é o resultado de um algoritmo desenvolvido no MATLAB[®] para determinar a frequência de batimento das asas da *Drosophila melanogaster* através da transformada rápida de Fourier. Com esse algoritmo foi possível determinar a frequência de batimento das asas do inseto e suas harmônicas.

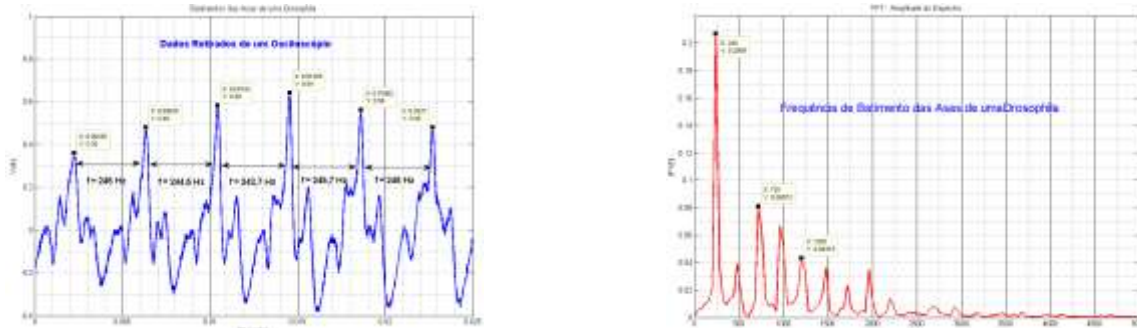


Figura 3 (a) Gráfico da frequência de batimento das asas de insetos *Drosophila melanogaster* e (b) gráfico obtido após a Transformada Rápida de Fourier (FFT), mostrando a frequência fundamental de batimento das asas e suas harmônicas.

A figura 4 mostra o novo protótipo desenvolvido para aquisição de dados e validação dos testes feitos em laboratório, facilmente adaptado a ambientes abertos e fechados. A estrutura tem o comprimento de 160 cm x 70 cm e pesa 10 kg, na qual foram fixados 2 sistemas de detecção. Um deles é composto por uma placa transmissora de infravermelho e uma placa receptora de infravermelho. No outro sistema o transmissor é composto por 2 *laser's* linha na cor vermelha instalados no canto inferior esquerdo e canto superior direito e 2 placas receptoras instaladas no lado direito central e lado esquerdo central.

Para validação do sistema, os dados foram capturados por um osciloscópio e simulados no MATLAB para definir quais espécies de insetos passaram pelos detectores. As espécies serão identificadas através da assinatura digital (frequência de batimento das asas). A etapa atual consiste no desenvolvimento de um circuito com FPGA para aquisição e cálculo do FFT em tempo real, dispensando a utilização do MATLAB[®]

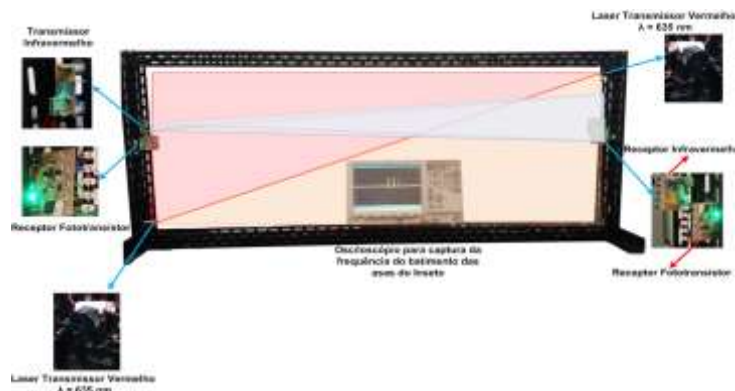


Figura 4. Estrutura para detecção de insetos alados através do batimento das asas

4. Conclusões

O desmatamento, a erosão das fronteiras entre a zona rural e a urbana e a presença de grandes contingentes populacionais têm contribuído com o reaparecimento de epidemias. Neste contexto, o investimento do poder público e privado em saneamento básico, inibindo, por

exemplo, uma crise de saúde provocada pela infestação de insetos vetores e pragas é urgente.

Nesta direção, buscou-se construir um sistema para a detecção de insetos voadores por meio das interferências que estes provocam ao atravessar o espaço entre os circuitos transmissores e receptores óticos. O sistema foi construído com componentes optoeletrônicos de baixo custo. Além disso, este sistema de detecção possibilita outras aplicações, tais como: a obtenção de assinaturas digitais de várias espécies de insetos alados; a análise estatística das concentrações de insetos em várias regiões, possibilitando a localização de focos de insetos prejudiciais à saúde ou à agricultura; estudo das migrações dos insetos, etc. Uma das vantagens do sistema aqui proposto é a possibilidade de adaptação aos ambientes abertos e fechados.

Os resultados com *Drosophila melanogaster* em laboratório mostraram-se promissores; a cerca fotônica voltada à detecção de insetos tem potencial de reduzir, por exemplo, a utilização de agroquímicos nas lavouras, e de inseticidas em ambientes urbanos, e aponta para um significativo ganho ambiental ao proteger os recursos naturais. Ao apresentar certa seletividade, não causa danos às espécies polinizadoras, por exemplo, que são importantes para a manutenção da biodiversidade ecológica e equilíbrio natural. Por outro lado, trata-se de um sistema autônomo e de baixo custo. A partir do diagnóstico obtido, espaços mais susceptíveis à ocupação de insetos vetores de doenças e pragas poderão ser mais facilmente localizados, contribuindo, dessa forma, com a orientação das tomadas de decisão por parte dos poderes públicos e privados.

Referências

- ANDRADE, A. J.** *Ecologia química de flebotomíneos (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae): desenvolvimento de uma armadilha e análise dos hidrocarbonetos cuticulares das espécies*. 2010. 167f. Tese. Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais.
- CATOR J. L.; ARTHUR J.B.; PONLAWAT A.; HARRINTON C. L.** *Behavioral Observations and Sound Recordings of Free-Flight Mating Swarms of Ae. aegypti (Diptera: Culicidae) in Thailand*. J Med Entomol. 2011 July ; 48(4): 941–946
- CHEN, Y. et al.** *Flying insect classification with inexpensive sensors*. Journal of Insect Behavior. v. 27 (5). p. 657-77. Set/2014.
- GORAYEB, I. S.** *Uma nova armadilha ventilada para coleta de mosquitos com ou sem atração humana*. Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi. Cienc. Nat., Belém, v. 8, n. 1, p. 97-109, jan/abr. 2013.
- MOORE, A.** *Development of a data acquisition system for long-term outdoor recording of insect flight activity using a photosensor* In: Conference on Aerobiology and Biometeorology. American Meteorological Society, 1998.
- MOORE, A., MILLER, J.R., TABASHNIK, B.E., GAGE, S.H.:** *Automated identification of flying insects by analysis of wingbeat frequencies*. Journal Econ. Entomol. 79(6), 1703–1706 (1986).
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (O.M.S.).** *Relatório Estatísticas Mundiais de Saúde*, 2011.
- SILVA, D.F; SOUZA, V.M.A; ELLIS, D. P.W.; BAPTISTA, GUSTAVO E.A.P.A.** *Exploring Low Cost Laser Sensors to Identify Flying Insect Species*. Journal of Intelligent and Robotic Systems, Dordrecht, v. 80, suppl 1, p. S313-S330, Dec. 2015 <http://www.producao.usp.br/handle/BDPI/50945>.
- OBARA, M.T.** *Caracterização a resistência de inseticida em populações da subfamília Triatominae (Hemiptera: Reduviidae), vetores de Trypanosoma cruzi Chagas, 1909*. Tese, 2010. Universidade de São Paulo, SP. 246p.
- WHO.** *Dengue: Guidelines for Diagnosis, Treatment, Prevention and Control*. Tech. Rep., World Health Organization, 2009.
- WHO.** *The World Malaria Report*. Tech. Rep., World Health Organization, 2012.

