



DESIGN DE DISPOSITIVOS PARA ANÁLISE DE MATERIAIS EM BIOENSAIOS COM MOSQUITOS *Aedes Aegypti*

DESIGN OF DEVICES FOR MATERIAL ANALYSIS IN BIOASSAYS WITH *Aedes Aegypti* MOSQUITOES

Jaqueline Dilly^{1*}

Onilda Santos da Silva

Harry Pilz-Junior¹

Luis Henrique Alves Cândido¹

*Autor para correspondência: jaquedilly@hotmail.com

Resumo: Uma pesquisa transdisciplinar requer um olhar amplo para contemplar as melhores possibilidades para desenvolvimento de um produto. Pensando na seleção de materiais, relacionando estrutura – propriedade – processos de fabricação, aplicação e sustentabilidade, este estudo desenvolveu dispositivos para verificar a volatilização e a liberação do óleo essencial de citronela microencapsulado em cera de carnaúba. Os dispositivos para as análises das microcápsulas foram desenvolvidos para uso em bioensaios de oviposição, utilizando mosquitos como sensores para detecção da volatilização do óleo essencial, com o objetivo de facilitar a análise qualitativa de materiais no controle do mosquito *Aedes aegypti*. As análises realizadas com o auxílio dos dispositivos apresentaram resultados satisfatórios. Foi possível indicar a volatilização do óleo essencial das microcápsulas tendo os mosquitos como sensores. Por meio dos dispositivos criados, também se verificou um efeito dissuasor de oviposição por um período de 48 horas.

Palavras-chave: microcápsulas naturais; dispositivos; mosquitos *Aedes aegypti*.

Abstract: A transdisciplinary research requires a broad view to contemplate the best possibilities for product development. Thinking about the selection of materials, relating structure – property – manufacturing processes, application and sustainability, this study developed devices to verify the volatilization and release of citronella essential oil microencapsulated in carnauba wax. The devices for analyzing the microcapsules were developed for use in oviposition bioassays, using mosquitoes as sensors for detecting essential oil

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) – Porto Alegre (RS), Brasil.

volatilization, with the aim of facilitating the qualitative analysis of materials in the control of the *Aedes aegypti* mosquito. The analyzes carried out with the devices showed satisfactory results, it was possible to indicate the volatilization of the essential oil of the microcapsules using the mosquitoes as sensors. Through the devices created, it was also possible to verify a deterrent effect on oviposition for a period of 48 hours.

Keywords: natural microcapsules; devices; *Aedes aegypti* mosquitoes.

INTRODUÇÃO

Para o Design, a tarefa de selecionar o material adequado para um produto é criteriosa, pois a preocupação vai além da estética e da funcionalidade. Quando se desenvolve um produto em Design, a seleção dos materiais faz parte de todas as etapas do processo de projeto e fabricação. Além da necessidade de fazer a relação entre estrutura – propriedade – processos de fabricação, é preciso pensar em sua aplicação e contemplar a sustentabilidade (WALTER, 2006; CALLISTER; RETHWISCH, 2013).

O uso de microcápsulas com o intuito de modificar propriedades de materiais quanto à sua funcionalidade, em conjunto com a busca por insumos com menor impacto poluente ao ambiente, é tema de pesquisas em diferentes áreas e setores. Nesse sentido, a cera de carnaúba é um produto natural, biodegradável, já utilizado como membrana para encapsular aromas e sabores (voláteis) em medicamentos e cosméticos. Materiais ativos, como óleos essenciais, costumam volatilizar seus componentes, assim, para que suas propriedades sejam preservadas, a utilização de microcápsulas torna-se uma opção. Óleos essenciais usados em insetos possuem ações tóxicas e repelentes e podem ser considerados uma forma de gestão sustentável da resistência aos inseticidas piretroides (GNANKINÉ; BASSOLÉ, 2017).

O *Aedes aegypti*, uma espécie de mosquito da família Culicidae, subfamília Culicinae, tem capacidade de hospedar e transmitir vários arbovírus causadores de doenças graves, como dengue, febre amarela, chikungunya e zika (LORENZ; VIRGINIO; BREVIGLIERI, 2018). No Brasil, dados de um dos últimos Boletins Epidemiológicos (divulgado pelo Ministério da Saúde) apontaram que o país registrou 504 mortes por dengue até o início de junho 2022, e o InfoDengue, da Fiocruz, contabilizou mais de 700 mil casos de dengue no mesmo período, superando o total de casos da doença em todo o ano de 2021. Pesquisadores da Fiocruz alertam que o grande aumento no número de casos de dengue no país já configura surto da doença em todo território nacional (SCHINCARIOL, 2022). Tais mosquitos são sensíveis e respondem a diferentes misturas de voláteis; a identificação de sinais e as pistas semioquímicas² são fatores determinantes para a sobrevivência de diferentes espécies de mosquitos (WOODING *et al.*, 2020).

² Semioquímicos são as substâncias químicas envolvidas na comunicação entre os seres vivos. Semio vem do grego *semeion* = sinal. O termo semioquímicos significa, então, “sinais químicos”.

Figura 1 – Comportamentos dos mosquitos guiados pelo olfato

Fonte: Adaptada de Wooding *et al.* (2020)

Como é possível observar na ilustração da figura 1, a vida dos mosquitos está diretamente ligada ao uso do olfato, pois o forrageamento³, a oviposição, o acasalamento e a busca por hospedeiros são condições dependentes para sua sobrevivência (DIXON; VONDRA, 2022). Os mosquitos, em visões generalistas, são retratados como seres nocivos ao homem e a alguns animais. Entretanto, em uma revisão de literatura, Dixon e Vondra (2022) apresentam esses insetos com a percepção baseada na biônica, em que investigações de seus comportamentos, características anatômicas e composição biológica levaram à criação de diversas tecnologias benéficas para aplicações médicas.

Em revisão de literatura, Atkovska *et al.* (2021) relataram alguns estudos com óleos essenciais como repelente de insetos; um deles menciona a eficiência de duas horas, aproximadamente, do óleo essencial de citronela como repelente ao mosquito *Aedes aegypti*. Os autores apontam a necessidade de desenvolver um método, ou tecnologias, para prolongar os efeitos de inseticidas e repelentes naturais.

Warikoo, Wahab e Kumar (2011) provaram que o uso do óleo essencial de citronela em água para oviposição causa impactos negativos no comportamento reprodutivo de *Aedes aegypti*, demonstrando potencial de dissuasão e ovicida, o que indica que os mosquitos adultos foram sensíveis aos estímulos químicos e ao odor do óleo em questão. A alta volatilidade dos óleos essenciais pode ser um fator limitante para suas aplicações, principalmente em ambientes e áreas abertas. A microencapsulação de óleos essenciais é uma opção que possibilita proteger e prevenir a perda de ingredientes aromáticos voláteis, controlar a liberação e estabilizar os materiais encapsulados (SOLIMAN *et al.*, 2013; CARVALHO, ESTEVINHO; SANTOS, 2016; GHAYEMPOUR; MONTAZER, 2016; ÖZBEK; ERGÖNÜL, 2017; GNANKINÉ; BASSOLÉ, 2017).

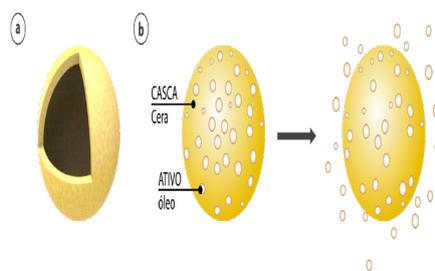
³ Forrageamento é a busca e a exploração de recursos alimentares. Trata-se de uma habilidade particularmente importante, uma vez que afeta a aptidão do animal, influenciando diretamente a sobrevivência e a reprodução do organismo.

Silva e Ricci-Júnior (2020), em suas pesquisas, retratam que o óleo essencial de citronela é o repelente natural mais utilizado dentre as formulações comerciais como repelente para insetos. E indicam a necessidade de desenvolvimento de novos estudos de sistemas de liberação prolongada contendo óleos essenciais com atividade repelente, produzidos com materiais naturais e biodegradáveis. O uso de óleos essenciais como dissuasores de oviposição para diferentes espécies de mosquitos é uma opção ambientalmente correta e se mostrou eficiente em diversas investigações, como as de Andrade-Ochoa *et al.* (2018) e Danga *et al.* (2018).

O uso de microcápsulas em produtos de Design é um assunto atual e traz benefícios significativos para a área. A inserção de microcápsulas na composição de materiais e produtos tem como objetivo melhorar as propriedades ou modificar funcionalidades (BALOGH *et al.*, 2011; SÁNCHEZ, 2006).

Microcápsulas com material encapsulante em cera são do tipo matriz, pois o material encapsulado (o ativo) é incorporado na matriz (cera), e a liberação do ativo encapsulado ocorre de forma lenta tanto pelos poros de difusão quanto por erosão (PATEL *et al.*, 2011; PACHECO-TORGAL *et al.*, 2017; BEGUM *et al.*, 2018).

Figura 2 – Sistema de liberação de óleos essenciais microencapsulados em cera de carnaúba



Fonte: Adaptada de Pacheco-Torgal *et al.* (2017) e Begum *et al.* (2018)

No sistema tipo matriz (figura 2), com material encapsulante em cera, é insolúvel em água inerte e a liberação do ativo é dada por difusão controlada (PACHECO-TORGAL *et al.*, 2017; BEGUM *et al.*, 2018).

Estudos realizados com diferentes espécies de mosquitos, analisando materiais e oviposição em laboratório, procederam experimentos em que os materiais em testes foram dispostos no interior do recipiente de oviposição, a fim de analisar a ação atrativa ou repelente do material em teste (SATHO *et al.*, 2015; SUH *et al.*, 2016; BESERRA *et al.*, 2010).

Além das caracterizações com equipamentos tradicionais para a análise de materiais, como TGA (análise termogravimétrica), DSC (calorimetria diferencial de varredura), FTIR (espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier), é possível realizar caracterizações alternativas utilizando elementos naturais como sensores. A presente pesquisa traz uma abordagem transdisciplinar que teve o envolvimento de diferentes áreas do conhecimento (Seleção de Materiais, Química, Biônica, Parasitologia e Design), embasada no conceito abordado por Kindlein Junior, Bressan e Palombini (2021), que traz a importância da integração de áreas distintas para desenvolver pesquisas inovadoras em Design.

Então, estudar a interação do mosquito *Aedes aegypti* com o óleo essencial de citronela microencapsulado em cera de carnaúba durante a postura dos ovos permite verificar a ação repelente desse óleo, possibilitando também identificar a liberação controlada do óleo essencial da microcápsula.

Em meio a isso foram desenvolvidos dispositivos para análise de volatilização do óleo essencial de citronela em microcápsulas naturais, utilizando os mosquitos como sensores, para verificar de maneira qualitativa a liberação do óleo da microcápsula com casca em cera

de carnaúba. Pretende-se contribuir de maneira sustentável no controle do mosquito *Aedes aegypti* empregando materiais naturais para interferência em seu ciclo gonotrófico. O *design* dos dispositivos foi orientado pela metodologia de *ecodesign* para o desenvolvimento de produtos sustentáveis (PLATCHECK, 2012).

DESENVOLVIMENTO

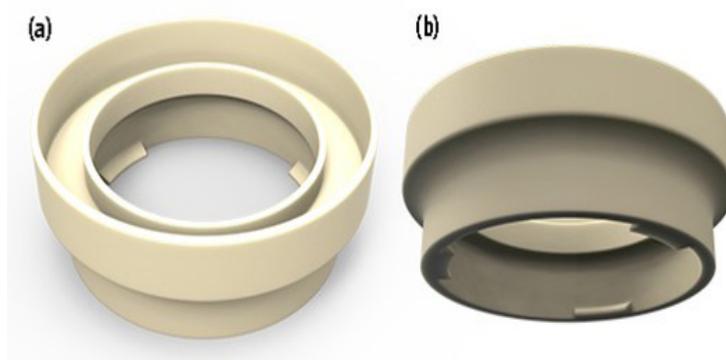
Métodos – dispositivos para bioensaios com mosquitos como sensores

Para a utilização dos mosquitos como sensores de volatilização em bioensaios de oviposição, foi necessário desenvolver uma peça para a disposição das microcápsulas a serem testadas, visto que estas não poderiam ter contato com a água no interior do recipiente de oviposição.

A peça (dispositivo), denominada “Configuração aplicada a/em dispositivo para testes de materiais em bioensaios”, com certificado de desenho industrial BR 302021003982-6 (figura 3), foi desenvolvida para auxiliar no teste das microcápsulas em bioensaios de oviposição de mosquitos *Aedes aegypti*. O dispositivo é constituído de peça única, em material polimérico, produzido por injeção ou impressão 3D. Possui estrutura de tamponamento com abertura central, com borda superior em formato de calha (para disposição dos materiais a serem testados) e parte inferior com estrutura de acoplamento, que pode incluir um sistema de rosca ou encaixe dependendo do tipo de recipiente ao qual será acoplado.

O dispositivo pode ser desenvolvido para qualquer dimensão, para encaixe com rosca ou acoplamento em recipiente de ensaio de oviposição ou hematofagia (figura 3). Para a análise das microcápsulas, usaram-se dispositivos com diâmetro externo de 50 mm, altura total 20 mm e com capacidade de contenção e disposição de materiais de 1.400 mm³.

Figura 3 – Estrutura do dispositivo, com parte inferior para acoplamento em sistema de rosca: a) imagem 3D, vista superior; b) imagem 3D, vista lateral

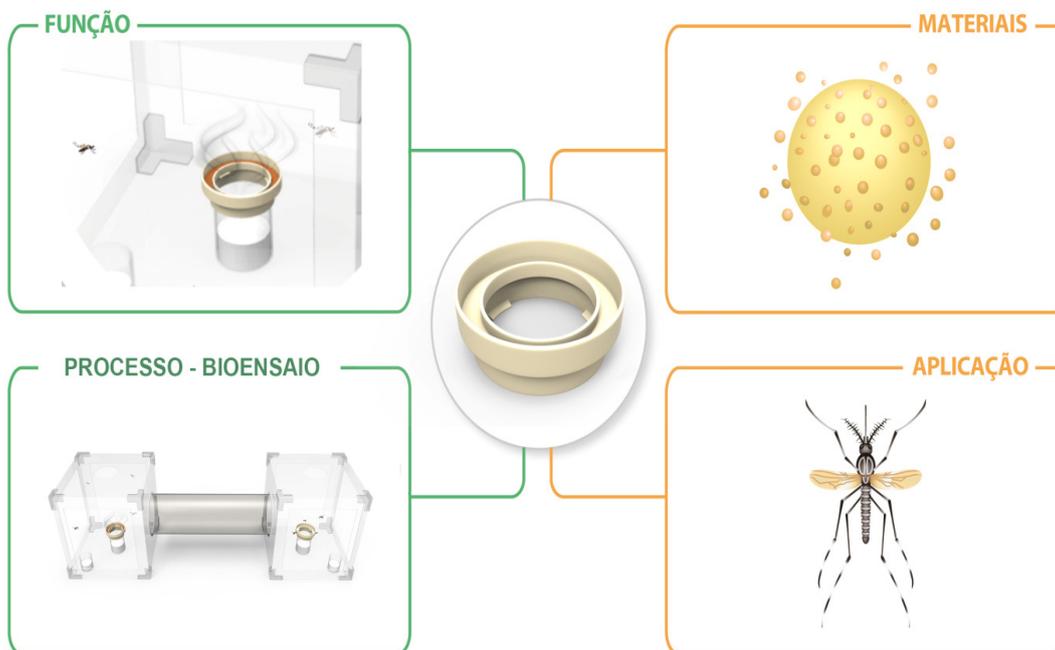


Fonte: Os autores

O uso desse dispositivo (figura 3) nos ensaios de oviposição permite a testagem de diversos materiais tendo o mosquito como sensor, sem interferência e contato com a água e o suporte de ovipostura. Facilita a visualização e contagem dos ovos colocados pelas fêmeas porque não há interferência da água ou de micro-organismos que possam intervir positiva ou negativamente na postura dos ovos. Assim, é possível recorrer aos mais variados tipos de atrativos ou repelentes para os bioensaios de oviposição, visto que os resultados são obtidos com um mínimo de erro ou desvio.

A figura 4 retrata um resumo gráfico da utilização do dispositivo (figura 3) em bioensaios com mosquitos.

Figura 4 – Resumo gráfico da utilização do dispositivo

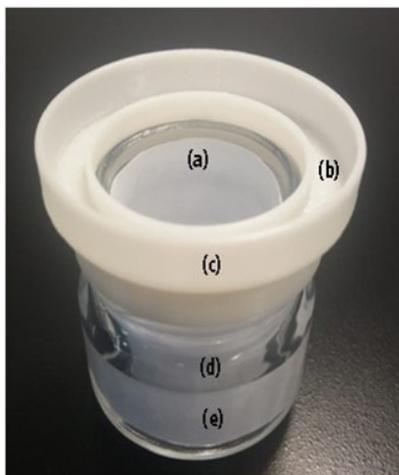


Fonte: Os autores

No centro da imagem (figura 4) é possível observar o dispositivo denominado “Configuração aplicada a/em dispositivo para testes de materiais em bioensaios”; no canto superior direito, as microcápsulas que foram testadas; no canto superior esquerdo, são retratadas a forma de utilização do dispositivo e as microcápsulas dispostas nele; no canto inferior esquerdo, mostra-se como foi realizado o bioensaio; no canto inferior direito, a aplicação dos mosquitos como sensores.

Para os bioensaios de oviposição utilizando os mosquitos como sensor, o ovipositor (recipiente de vidro para oviposição – figura 5d) foi preenchido com 20 ml de água e suas extremidades internas preenchidas com um papel-filtro do tamanho de 4 x 3 cm. Na parte superior do recipiente foi acoplada a peça para disposição dos materiais (figura 5).

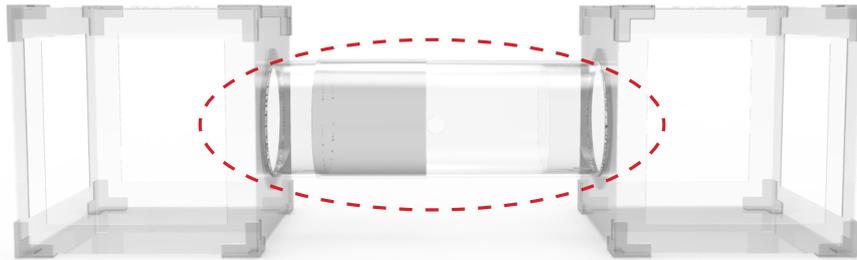
Figura 5 – Peça acoplada ao recipiente de oviposição: a) suporte para ovipostura (papel-filtro); b) local para disposição dos materiais em teste; c) peça denominada “Configuração aplicada a/em dispositivo para testes de materiais em bioensaios”, com certificado de desenho industrial BR 302021003982-6; d) recipiente de vidro para oviposição; e) água destilada



Fonte: Os autores

Para os bioensaios de preferência de oviposição, desenvolveu-se um duto para conexão entre as gaiolas. Ele foi produzido em acetato transparente com 0,70 mm de espessura, 30 cm de comprimento e 10 cm de diâmetro, denominado “Configuração aplicada a/em dispositivo de conexão de gaiolas para testes de materiais em bioensaios”, certificado de desenho industrial BR 30 2022 001454-0 (figura 6).

Figura 6 – Duto de conexão entre as gaiolas de bioensaio: a) duto; b) orifício de inserção dos mosquitos; c) fechamento orifício



Fonte: Os autores

O duto de conexão foi criado para proporcionar o distanciamento das amostras em análise e para a inserção e livre acesso dos mosquitos às gaiolas de bioensaio. O distanciamento entre as gaiolas se faz necessário tendo em vista que, dependendo da proximidade entre os elementos testados, pode ocorrer interferência das microcápsulas no elemento controle.

Figura 7 – Gaiolas – bioensaio com preferência de escolha



Fonte: Os autores

Todos os ensaios de oviposição foram realizados conforme a imagem (figura 7) e em triplicata, pois um número maior de repetições garante uma normalização estatística melhor dos dados e, por consequência, menor intervalo de confiança (esse tipo de experimento pode apresentar um erro considerável, quando feito um experimento único). Além do recipiente de vidro para oviposição e do dispositivo para os tratamentos, em cada gaiola foi disposta uma solução aquosa com mel de abelhas como alimento para os mosquitos (fêmeas).

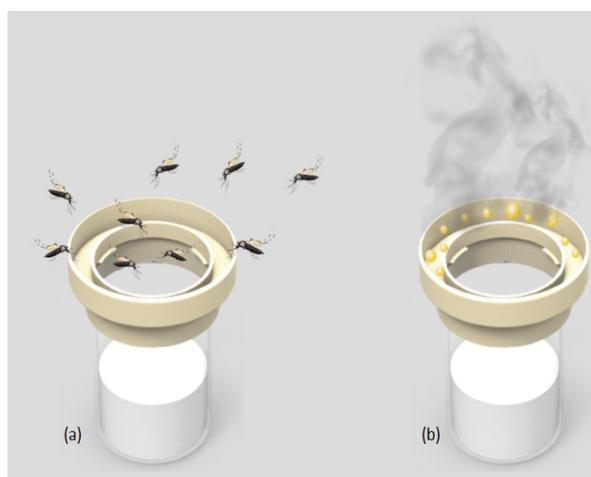
Para cada ensaio utilizaram-se oito mosquitos (fêmeas fecundadas e alimentadas com sangue de carneiro desfibrinado). Os mosquitos foram dispostos nas gaiolas pelo orifício de inserção do duto entre as gaiolas e, após 48 horas, os papéis-filtros foram retirados e fotografados. A contagem dos ovos ocorreu no programa ImageJ.

RESULTADOS

Bioensaios com mosquitos como sensores

Por meio do ensaio foi possível verificar as respostas comportamentais dos mosquitos nos locais de oviposição (figura 8).

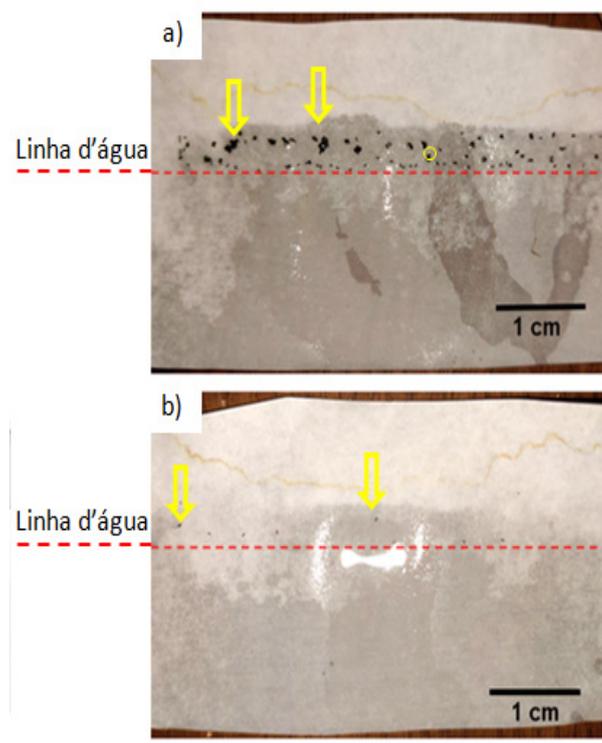
Figura 8 – Respostas comportamentais dos mosquitos *Aedes aegypti* nos locais de oviposição:
a) dispositivo vazio; b) dispositivo com as microcápsulas



Fonte: Os autores

A figura 8a retrata a ação atrativa que o recipiente controle exerce nos mosquitos *Aedes aegypti*, que detectam pistas ou sinais atrativos e estimulantes que podem indicar a disponibilidade de alimentos e condições adequadas para a oviposição. Já a figura 8b evidencia a ação repelente dos voláteis liberados pelas microcápsulas, pois os sinais repelentes e dissuasores detectados pelos mosquitos podem indicar risco de predação e/ou infecção, inibindo assim a postura de ovos.

Para os resultados dos ensaios de oviposição, os papéis-filtros foram retirados dos recipientes de oviposição e fotografados (figura 9).

Figura 9 – Fotografias – papéis-filtros: a) dispositivo vazio; b) dispositivo com as microcápsulas

Fonte: Os autores

A figura 9 revela o resultado de uma das triplicatas dos bioensaios com preferência de oviposição entre os dispositivos vazios (controle) e os dispositivos com microcápsulas. Na imagem é possível observar grande número de ovos, acima da linha d'água, no ensaio denominado controle (figura 9a). Já na figura 9b percebem-se poucos ovos acima da linha d'água (ensaio com as microcápsulas), comprovando assim que a presença do óleo essencial de citronela tem efeito para a dissuasão da oviposição, inibindo a postura dos ovos.

Primeiramente, o presente estudo demonstra a importância do *design* de produto aplicado para gerar soluções projetuais de problemas que atingem uma ampla parcela da população, como, por exemplo, auxiliar na diminuição da infestação de mosquitos urbanos.

Assim, os resultados indicam que o dispositivo desenvolvido para testes de materiais em bioensaios de oviposição foi eficiente, uma vez que permitiu não só a verificação da volatilização do óleo essencial de citronela das microcápsulas, como também a identificação de que as proximidades dos locais de oviposição podem influenciar na escolha dos criadouros de *Aedes aegypti*, e não somente a qualidade da água em que os ovos serão depositados, como já verificado em outros estudos (HARIKARNPAKDEE; CHUCHOTE, 2018).

O duto desenvolvido para os bioensaios com preferência de oviposição (figura 6) foi de extrema importância para a seleção dos locais de oviposição pelas fêmeas de *Aedes aegypti*, pois propiciou que não ocorresse interferência dos voláteis do óleo essencial de citronela das microcápsulas no recipiente denominado controle, disponibilizando livre acesso de uma gaiola a outra para a seleção do local adequado para a ovipostura.

CONCLUSÃO

A análise de volatilização das microcápsulas, utilizando os mosquitos como sensores, se deu de forma qualitativa. A utilização dos dispositivos criados para tal análise possibilitou a verificação do efeito real da liberação lenta do óleo essencial de citronela das microcápsulas

sobre as fêmeas de *Aedes aegypti* em ensaios de oviposição. Foi possível indicar também que os dispositivos criados para testar as microcápsulas servem para testar diferentes materiais em bioensaios com insetos voadores.

O *design* de dispositivos possibilitou verificação e identificação da presença e liberação controlada do óleo essencial de citronela microencapsulado em cera de carnaúba, além da indicação da possibilidade de estudar diferentes materiais para o controle de *Aedes aegypti*, esse mosquito tão pequeno e tão temido.

REFERÊNCIAS

ANDRADE-OCHOA, Sergio *et al.* Oviposition deterrent and larvicidal and pupaecidal activity of seven essential oils and their major components against *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae): synergism-antagonism effects. **Insects**, v. 9, n. 1, p. 25, 2018. DOI: 10.3390/insects9010025.

ATKOVSKA, Katerina *et al.* Essential oils as green repellents against mosquito vectors. **Quality of Life**, v. 12, n. 1-2, p. 51-60, 2021. DOI: 10.7251/QOL2101051A.

BALOGH, Tatiana Santana *et al.* Proteção à radiação ultravioleta: recursos disponíveis na atualidade em fotoproteção. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v. 86, n. 4, p. 732-742, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abd/a/TY4cpMgMDSMRskf6XqSxF8f/?format=pdf&lang=pt>.

BEGUM, Gousia *et al.* A review on microencapsulation. **World Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 6, n. 4, p. 25-36, 2018. Disponível em: <https://wjpsonline.com/index.php/wjps/article/view/review-manufacturing-evaluation-capsules>.

BESERRA, Eduardo Barbosa *et al.* Efeito da qualidade da água no ciclo de vida e na atração para oviposição de *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae). **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 6, p. 1.016-1.023, 2010. DOI: 10.1590/S1519-566X2010000600026.

CALLISTER, Willian; RETHWISCH, David. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

CARVALHO, Isabel; ESTEVINHO, Berta Nogueira; SANTOS, Lúcia. Application of microencapsulated essential oils in cosmetic and personal healthcare products – a review. **International Journal of Cosmetic Science**, v. 38, n. 2, p. 109-119, 2016. DOI: 10.1111/ics.12232.

DANGA, Simon Pierre Yinyang *et al.* Mosquito oviposition-deterrent and ovicidal property of fractions and essential oils from *Plectranthus glandulosus* and *Callistemon rigidus* against *Aedes aegypti*, *Anopheles gambiae* and *Culex quinquefasciatus*. **International Journal of Biological and Chemical Sciences**, v. 12, n. 3, p. 1.423-1.436, 2018. DOI: 10.4314/ijbcs.v12i3.28.

DIXON, Angela; VONDRA, Isabelle. Biting innovations of mosquito-based biomaterials and medical devices. **Materials**, v. 15, n. 13, p. 4.587, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma15134587>.

GHAYEMPOUR, Soraya; MONTAZER, Majid. Micro/nanoencapsulation of essential oils and fragrances: focus on perfumed, antimicrobial, mosquito-repellent and medical textiles. **Journal of Microencapsulation**, v. 33, n. 6, p. 497-510, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/02652048.2016.1216187>.

GNANKINÉ, Olivier; BASSOLÉ, Imaël Henri Nestor. essential oils as an alternative to pyrethroids' resistance against *Anopheles* species complex Giles (Diptera: Culicidae). **Molecules**, v. 22, n. 10, p. 1.321, 2017. DOI: 10.3390/molecules22101321.

HARIKARNPAKDEE, Saraporn; CHUCHOTE, Chomnapas. Oviposition deterrent efficacy and characteristics of a botanical natural product, *Ocimum gratissimum* (L.) oil-alginate beads, against *Aedes aegypti* (L.). **Scientific World Journal**, 2018. DOI: 10.1155/2018/3127214.

KINDLEIN JUNIOR, Wilson; BRESSAN, Felix; PALOMBINI, Felipe Luis. A importância do STEAM frente aos desafios da formação do ensino superior e da pesquisa multidimensional em Design. **Estudos em Design**, v. 29, n. 1, 2021.

LORENZ, Camila; VIRGINIO, Flavia; BREVIGLIERI, Enrico Lopes. **O fantástico mundo dos mosquitos**. 1. ed. São Paulo: Livronovo, 2018. 141 p. Disponível em: https://publicacoeseducativas.butantan.gov.br/web/mosquito/pages/pdf/89_Livro%20O%20FANT%3%81STICO%20MUNDO%20DOS%20MOSQUITOS_internet.pdf.

ÖZBEK, Zeynep Aksoylu; ERGÖNÜL, Pelin Günç. A review on encapsulation of oils. **Celal Bayar University Journal of Science**, v. 13, n. 2, p. 293-309, 2017 DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.18466/cbayarfbe.313358>.

PACHECO-TORGAL, Fernando *et al.* **Cost-effective energy efficient building retrofitting: materials, technologies, optimization and case studies**. Woodhead Publishing, 2017. 632 p.

PATEL, Harnish *et al.* Matrix type drug delivery system: a review. **Journal of Pharmaceutical Science and Bioscientific Research**, v. 1, n. 3, p. 143-151, 2011. Disponível em: http://www.jpsbr.com/index_htm_files/3_1151.pdf.

PLATCHECK, Elizabeth R. **Design industrial: metodologia de ecodesign para o desenvolvimento de produtos sustentáveis**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2012.

SÁNCHEZ, José Cegarra. Têxteis inteligentes. **Química Têxtil**, v.1 n. 82, p. 52-77, 2006. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/posmoda/files/2008/07/T%c3%aaxteis-inteligentes.pdf>.

SATHO, Tomomitsu *et al.* Coffee and its waste repel gravid *Aedes albopictus* females and inhibit the development of their embryos. **Parasites & Vectors**, v. 8, n. 1, p. 272, 2015. Disponível em: <https://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13071-015-0874-6>.

SCHINCARIOL, Isabela. Pesquisadora alerta para surto de dengue no país. Conheça a formação do Campus Virtual sobre o tema. **Fiocruz – Campus Virtual**, 15 jun. 2022. Disponível em: <https://campusvirtual.fiocruz.br/portal/?q=noticia/64956#:~:text=Conhe%C3%A7a%20a%20forma%C3%A7%C3%A3o%20do%20Campus%20Virtual%20sobre%20o%20tema,-Por&text=Desde%20o%20primeiro%20trimestre%20do,casos%20de%20dengue%20no%20pa%C3%ADs>.

SILVA, Márcio Robert Mattos da; RICCI-JÚNIOR, Eduardo. An approach to natural insect repellent formulations: from basic research to technological development. **Acta Tropica**, v. 212, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2020.105419>.

SOLIMAN, Emad *et al.* Microencapsulation of essential oils within alginate. **Journal of Encapsulation and Adsorption Sciences**, v. 3, n. 1, p. 48-55, 2013. DOI: 10.4236/jeas.2013.31006.

SUH, Eunho *et al.* Suboptimal larval habitats modulate oviposition of the malaria vector mosquito *Anopheles coluzzii*. **PLoS One**, v. 11, n. 2, p. e0149800, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149800>.

WALTER, Yuri. **O conteúdo da forma: subsídios para seleção de materiais e design**. Orientador: Prof. Dr. João Fernando Marar. 2006. 106 f. Dissertação (Mestrado em Desenho Industrial) – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2006. Disponível em: <https://www.faac.unesp.br/Home/Pos-Graduacao/Design/Dissertacoes/yuri.pdf>.

WARIKOO, Radhika; WAHAB, Naim; KUMAR, Sarita. Oviposition-altering and ovicidal potentials of five essential oils against female adults of the dengue vector, *Aedes aegypti* L. **Parasitology Research**, v. 109, n. 4, p. 1.125-1.131, 2011. DOI: 10.1007/s00436-011-2355-y.

WOODING, Madelien *et al.* Controlling mosquitoes with semiochemicals: a review. **Parasites Vectors**, v. 13, n. 80, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13071-020-3960-3>.