

# Controle do mosquito *Aedes aegypti* nas fases imatura e adulta utilizando um modelo epidemiológico com dependência da pluviosidade e temperatura

Amália Soares Vieira de Vasconcelos<sup>1</sup>, Rodrigo Tomás Nogueira Cardoso<sup>2</sup>  
José Luiz Acebal Fernandes<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Doutorado em Modelagem Matemática e Computacional, CEFET-MG, Belo Horizonte-MG, Brasil

<sup>2,3</sup> Departamento de Física e Matemática, CEFET-MG, Belo Horizonte-MG, Brasil

**Resumo:** As arboviroses são grandes desafios para os gestores de saúde pública. Um exemplo indubitável desse fato são as 390 milhões de pessoas infectadas só pelo vírus da dengue, conforme os dados da Organização Mundial de Saúde. Métodos mais efetivos para controle dos vetores têm sido estudados, de forma integrada, levando em consideração os aspectos socioeconômicos que envolvem tais ações de controle, inclusive por meio de modelos matemáticos e de simulação computacional. Este trabalho estuda um modelo capaz de reproduzir o comportamento das populações do mosquito *Aedes aegypti*, dependente da temperatura e pluviosidade, e a sua relação com os seres humanos, e de sugerir ações de controle do vetor, por meio de otimizações mono e multiobjetivo. Primeiramente, foi feita a otimização das constantes dos parâmetros do modelo entomológico para a cidade de Lavras, Minas Gerais, validado com dados reais de fêmeas do vetor. Por fim, segue a análise da otimização do controle integrado, em função da minimização dos custos com o controle e com o total de mosquitos fêmeas, para quatro casos distintos. Os resultados, no período analisado, sugerem que a melhor abordagem de controle é realizar uma intervenção na primavera seguida de duas no verão, independentemente do cenário de custos.

**Palavras-chave:** Otimização multiobjetivo, Modelo epidemiológico, Mosquito *Aedes aegypti*.

## Introdução

No Brasil, fatores como o crescimento urbano desordenado, as mudanças climáticas e a falta de conscientização da população colaboram com a propagação e emergência de arboviroses como dengue, chikungunya e zika. Tais fatores têm motivado os estudos na área de epidemiologia matemática, sobretudo para manejar adequadamente os recursos financeiros destinados ao controle dos vetores e ao tratamento dos doentes.

Neste trabalho, um modelo matemático epidemiológico com dependência da temperatura e da pluviosidade foi utilizado para estudar a dinâmica do vetor *Aedes aegypti*, na cidade de Lavras, Minas Gerais. Por meio de simulações computacionais, é possível analisar o comportamento das populações do mosquito e investigar ações de controle, observando as populações de humanos e utilizando técnicas de otimização mono e multiobjetivo.

<sup>1</sup>amaliasv@hotmail.com

<sup>2</sup>rodrigocardoso@cefetmg.br

<sup>3</sup>acebal@dppg.cefetmg.br

## Desenvolvimento

Na literatura há o registro de trabalhos que mostram a influência de fatores meteorológicos no ciclo de vida do mosquito *Ae. aegypti*, como [6]. A Equação (6.12) mostra o modelo considerado para representar as populações do vetor com influência da pluviosidade e da temperatura, inspirado no trabalho de [5]. A primeira população é a de mosquitos na fase imatura  $A$  (ovos, larvas e pupas). A segunda população representa o mosquito fêmea na fase alada  $F$  (fêmeas em fase de oviposição).

$$\begin{cases} \frac{dA}{dt} = \varepsilon\phi(p, T) \left(1 - \frac{A}{C}\right)F - (\alpha(p, T) + \mu_A(p, T) + u_A(t))A \\ \frac{dF}{dt} = \gamma\alpha(p, T)A - (\mu_F(p, T) + u_F(t))F. \end{cases} \quad (6.12)$$

sendo  $\varepsilon$  a capacidade de produção de larvas a partir da fração de ovos viáveis, os quais a população de fêmeas irá depositar em potenciais criadouros, dada a taxa de oviposição  $\phi$ ;  $C$  a capacidade do meio associada a abundância de nutrientes;  $\alpha$  o desenvolvimento da fase imatura para fase alada;  $\gamma$  a fração de fêmeas dentre os mosquitos adultos;  $\mu_A, \mu_F$  e  $u_A, u_F$  as taxas de mortalidade natural e adicional, respectivamente.

## Considerações Finais

Os resultados mostraram que os parâmetros otimizados ajudaram a melhor calibrar o modelo para a cidade de Lavras, com grau de correlação alta. Uma vez calibrado o modelo, foi realizada uma abordagem de otimização para procurar pelos valores ótimos de intensidade de controle a ser aplicada, tanto na fase imatura do mosquito quanto na fase adulta, bem como o melhor momento para iniciar e terminar as três intervenções de controle consideradas em quatro casos distintos. Pela preocupação em evitar a resistência do mosquito foram considerados períodos de aplicação de controle fixos, sendo de 7 dias para cada uma das três aplicações, de forma similar ao que o governo recomenda. Os resultados indicam que as aplicações de controle foram satisfatórias, reduzindo as populações do mosquito com percentual de eficiência dentro do desejado. A melhor abordagem dentre os testes realizados é a do caso 4, independentemente dos cenários, no qual são feitas duas aplicações de controle degrau concomitante no verão e uma na primavera.

## Referências

- [1] J. P. Chávez et al. An SIR-Dengue transmission model with seasonal effects and impulsive control, *Mathematical Biosciences*, volume 289, 2017. DOI: 10.1016/j.mbs.2017.04.005.
- [2] E. Massad et al. Estimating the size of *Aedes aegypti* populations from dengue incidence data: Implications for the risk of yellow fever outbreaks, *Infectious Disease Modelling.*, volume 2, 2017. DOI: 10.1016/j.idm.2017.12.001.

---

[3]Organização Mundial da Saúde. *Vector-borne diseases*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases>, 2017. Acesso em out/19.

[4]E. P. Pliego et al. Seasonality on the life cycle of *Aedes aegypti* mosquito and its statistical relation with dengue outbreaks, *Applied Mathematical Modelling*, volume 50, 2017. DOI:10.1016/j.apm.2017.06.003.

[5]L. S. B. Silva et al. Otimização Mono-objetivo no Controle do Mosquito *Aedes aegypti* por meio de um Modelo de Duas Populações com Influência da Precipitação, *TEMA (São Carlos)*, volume 20, 2019.

DOI: 10.5540/tema.2019.020.01.0197.

[6]H. M. Yang et al. Fitting the incidence data from the city of Campinas, Brazil, based on dengue transmission modellings considering time-dependent entomological parameters, *Plos One*, volume 11, 2016.

DOI:10.1371/journal.pone.0152186.

The logo for EncBioMat features a stylized, symmetrical graphic composed of several concentric, curved, light green lines that resemble both a brain and a molecular structure. To the right of this graphic, the word "EncBioMat" is written in a large, bold, sans-serif font. The "E" is in a darker shade of grey, while the remaining letters are a lighter shade of green.

EncBioMat