

# Competição de populações de mosquitos *Aedes aegypti* infectados e não infectados pela bactéria *Wolbachia* sob o efeito da Temperatura

Luís E. S. Lopes<sup>1</sup>, Sergio M. Oliva<sup>2</sup>

USP, São Paulo, SP

Cláudia P. Ferreira<sup>3</sup>

UNESP, Botucatu, SP

O controle da transmissão de várias arboviroses, como, por exemplo, a dengue, é feito a partir do controle do vetor, o mosquito *Aedes aegypti*. Uma das estratégias utilizadas é a liberação de mosquitos artificialmente infectados pela bactéria *Wolbachia*. O método visa a substituição ou supressão da população de mosquito selvagem, e não infectado, pela população de mosquito infectado pela bactéria. Isso porque a infecção no mosquito impede a replicação viral bloqueando a transmissão de doenças. No entanto, o sucesso dessa técnica de controle depende de vários fatores como a transmissão vertical da infecção, a persistência da infecção no mosquito, o impacto que a bactéria causa na aptidão do mosquito infectado, e a incompatibilidade citoplasmática [3].

Como os insetos são ectotérmicos, isto é, não regulam a temperatura interna, essa se torna um dos principais fatores abióticos que influenciam a reprodução, o desenvolvimento e a mortalidade dos mosquitos [1]. Além disso, a presença, a quantidade e a distribuição da *Wolbachia* nos tecidos do mosquito, fatores que impactam a persistência da bactéria na população e consequentemente a eficácia da técnica de controle, também são influenciadas pela temperatura [2, 3].

O objetivo deste trabalho é analisar o impacto da temperatura e da infecção por *Wolbachia* na dinâmica populacional de duas populações de *Aedes aegypti*, infectadas e não infectadas pela bactéria, que competem. Para isso, foi desenvolvido um modelo estruturado por estágio (imaturo e adulto) e sexo. Consideraram-se os principais fenótipos que a *Wolbachia* produz no mosquito, como a herança materna e a incompatibilidade citoplasmática, nos dois casos, perfeita ou imperfeita, e a perda de infecção. O modelo proposto é um sistema de equações diferenciais com retardamento e não autônomo, onde os parâmetros relacionados ao ciclo de vida do mosquito e à infecção são funções da temperatura (a qual varia no tempo); e as variáveis são os mosquitos machos e fêmeas, não infectados e infectados por *Wolbachia*, o tempo de desenvolvimento do mosquito, a probabilidade de sobrevivência dos indivíduos não infectados e infectados, a probabilidade de sobrevivência da infecção, e o tempo [1, 2]. A dependência dos parâmetros do modelo com a temperatura são descritos por funções matemática inspiradas em processos bioquímicos, como a cinética de reação e inativação enzimática [1].

O modelo autônomo admite três pontos de equilíbrio: (i) o equilíbrio de extinção de ambas as populações, (ii) de persistência da população selvagem e extinção da população infectada, (iii) e de coexistência das populações. A estabilidade local desses equilíbrios são obtidas analiticamente, e a estabilidade global ilustrada a partir de simulações numéricas. Já o modelo não autônomo foi resolvido numericamente considerando-se diferentes cenários que exploraram o impacto da liberação de mosquito infectados em diferentes períodos do ano (população de mosquito selvagem em

---

<sup>1</sup>luisdrd.80@gmail.com

<sup>2</sup>smo@ime.usp.br

<sup>3</sup>claudia.pio@unesp.br

pequeno e grande número), em diferentes quantidades (proporção entre mosquitos infectados e não infectados) e liberação única ou em parcelas.

Os resultados mostraram que quatro solturas em diferentes dias é mais vantajoso que uma única liberação, que quando os mosquitos infectados são introduzidos em pequenos números no ambiente, eles não conseguem reduzir efetivamente a população selvagem e podem inclusive serem extintos, e que a liberação é mais eficiente quando feita no período em que a população selvagem é pequena. Em particular, na temperatura de  $18 \pm 3^\circ\text{C}$ ,  $22 \pm 3^\circ\text{C}$ ,  $25 \pm 3^\circ\text{C}$  e  $28 \pm 3^\circ\text{C}$ , a população infectada persiste e consegue reduzir efetivamente o número de mosquitos selvagens, sendo  $25 \pm 3^\circ\text{C}$  a temperatura mais favorável. Por outro lado, os mosquitos infectados não persistem na população em temperaturas de  $32 \pm 3^\circ\text{C}$ , enquanto os selvagens sim.

Por último, o modelo não autônomo foi simulado com dados da temperatura de Niterói-RJ, utilizando o melhor cenário observado nos experimentos anteriores, isto é, com quatro solturas mensais feitas de outubro de 2020 a janeiro de 2021. A persistência das populações foi avaliada até o dia 31 de dezembro de 2022. Aqui, buscamos avaliar o impacto dos parâmetros relativos à herança materna (transmissão da bactéria da fêmea infectada para sua prole) e a incompatibilidade citoplasmática (IC) (fêmeas não infectadas acasaladas com mosquitos machos infectados produzem ovos não viáveis). Os resultados mostraram que quando os mosquitos infectados possuem herança materna imperfeita e probabilidade de ocorrência de IC com parâmetros próximo do valor máximo, há coexistência com redução da população selvagem pela metade. Porém, quando esses mesmos parâmetros possuem baixos valores, os mosquitos infectados são extintos. Quando os mosquitos infectados possuem a herança materna perfeita e alta probabilidade de ocorrência de IC, observa-se quase 100% na redução da população selvagem. Neste caso é possível substituir a população selvagem por mosquitos infectados por *Wolbachia*. Concluí-se que, dependendo da cepa de *Wolbachia* a ser utilizada na infecção do mosquito, tem-se resultados diferentes com relação à substituição da população selvagem ou coexistência das populações de mosquitos.

Como perspectivas, cabe um ajuste dos parâmetros do modelo que dependem da temperatura a dados reais de laboratório e campo para a simulação de cenários mais realistas. O próximo passo é a elaboração de um modelo epidemiológico para prever e avaliar o impacto da soltura dos mosquitos infectados na redução da transmissão da dengue.

## Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro do CNPq - Processo 132055/2020-1 e da FAPESP - Processos 20/10964-0 e 19/22157-5.

## Referências

- [1] Priyanga Amarasekare e Renato M. Coutinho. “Effects of temperature on intraspecific competition in ectotherms”. Em: **The American Naturalist** 3 (2014), E50–E65. DOI: 0.1086/677386.
- [2] C. P. Ferreira. “Aedes aegypti and Wolbachia interaction: population persistence in an environment changing”. Em: **Theoretical Ecology - Springer** 13.137–148 (2019). DOI: 10.1007/s12080-019-00435-9.
- [3] Perran A. Ross et al. “Loss of cytoplasmic incompatibility in Wolbachia-infected Aedes aegypti under field conditions”. Em: **PLoS neglected tropical diseases** 13.4 (2019), e0007357. DOI: 10.1371/journal.pntd.0007357.