



EncBioMat

3º ENCONTRO DE BIOMATEMÁTICA



De 10 a 13 de Fevereiro de 2020, IMECC - UNICAMP

7. Pôsteres

Modelagem de Vacinação de Transgênicos no Combate da Dengue

Yvonne S. C. Cárdenas¹, Gustavo R. Oliveira Roque², Juan C. R. Suarez³, Lucy T. Takahashi⁴

^{1,2,3,4}Departamento de Matemática, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora-MG, Brasil

Resumo: A dengue é uma doença negligenciada que está entre as principais causas de mortalidade no mundo. Trata-se de uma doença infecciosa transmitida que tem como principal vetor o mosquito *Aedes aegypti*. Neste trabalho, propomos um modelo para a dinâmica da dengue, considerando vacinação na população de humanos suscetíveis e a inserção de mosquitos modificados geneticamente no ambiente, como medidas de controle.

Palavras-chave: Dengue, *Aedes aegypti*, Vacinação, Mosquito Transgênico.

Introdução

A dengue é uma doença infecciosa causada por um arbovírus, que é transmitido pela picada do mosquito *Aedes aegypti* fêmea. Existem quatro tipos de vírus da dengue, sorotipos 1, 2, 3 e 4. Um indivíduo que contraiu um tipo de dengue adquire imunidade àquele vírus, porém, pode ser infectado posteriormente com outro sorotipo da dengue, o

¹yvonnesantacruzc@gmail.com

²gustavo.roque@engenharia.ufjf.br

³juanfigo1138@gmail.com

⁴ltiemi@gmail.com

que aumenta o risco de contrair a dengue hemorrágica, um tipo mais grave da doença que pode levar ao óbito. Atualmente, há uma única vacina disponível para prevenção da dengue no mundo, chamada Dengvaxia, indicada para prevenir os quatro diferentes sorotipos da dengue. A vacina foi liberada para uso no Brasil pela Anvisa em 2015, para pessoas de 9 a 45 anos, residentes em áreas endêmicas, isto é, áreas onde há recorrência de casos de dengue. Além da vacina, um outro método de controle da dengue envolve a introdução de mosquitos machos modificados em laboratório, os transgênicos. Tais mosquitos possuem uma genética que torna sua prole estéril. Os machos são liberados e competem com os machos selvagens pelas fêmeas para fecundá-las. Assim, os acasalamentos resultam em ovos estéreis e, ou, que as fêmeas, responsáveis pela transmissão do vírus, não consigam atingir a fase adulta. Tal estratégia visa reduzir a população de *Aedes aegypti*, visto que os novos indivíduos da espécie não são capazes de se reproduzirem. Mas, os mosquitos transgênicos estão ainda em fases de testes, logo consideramos que pode ainda ocorrer uma falha em gerar somente ovos estéreis e, ou, destes eclorem mosquitos estéreis. Propomos então com as considerações acima um modelo que permite um estudo da dengue, sobre uma população de humanos com vacinação interagindo com uma população de mosquitos onde são inseridos mosquitos transgênicos, com a finalidade de obter um controle sobre a doença.



Desenvolvimento

EncBioMat

O modelo aqui proposto está baseado no modelo de Takahashi, em [1], no qual é considerada a interação entre as populações: de mosquitos (*Aedes aegypti*) vetores da dengue e a de humanos, que são descritas, por meio de um modelo do tipo SI e SIR, respectivamente, para descrever a dinâmica da dengue.

Consideramos a população de humanos dividida nas subpopulações: $H_S(t) = H_S$; $H_L(t) = H_L$; $H_I(t) = H_I$; $H_R(t) = H_R$ e $H_V(t) = H_V$, que são o número de humanos suscetíveis, latentes, infecciosos, recuperados e vacinados no instante de tempo t , respectivamente, onde $H = H_S(t) + H_L(t) + H_I(t) + H_R(t) + H_V(t)$, para todo t , é uma constante diferente de zero, que representa o número total de humanos. Analogamente, a população de mosquitos é dividida nas subpopulações: $M_S(t) = M_S$, $M_I(t) = M_I$ e $M_E(t) = M_E$ as subpopulações que representam o número de mosquitos suscetíveis, infecciosos e estéreis no instante de tempo t , respectivamente, onde $M(t) = M_S(t) + M_I(t)$. Consideramos ainda que a vacina é dada continuamente. O modelo matemático que descreve nossa dinâmica

entre os compartimentos é dado pelo seguinte sistema

$$\begin{aligned}
 \frac{dM_S}{dt} &= Mv\left(1 - \frac{M + M_E}{k}\right) - \mu_M M_S - \beta M_S H_I \\
 \frac{dM_I}{dt} &= \beta M_S H_I - \mu_M M_I \\
 \frac{dM_E}{dt} &= \psi M_E \left(1 + \bar{v}M - \frac{M + M_E}{k}\right) - \mu_M M_E \\
 \frac{dH_S}{dt} &= \mu_H H - \mu_H H_S - \lambda H_S M_I - \phi H_S + \xi H_V + \rho H_V \\
 \frac{dH_L}{dt} &= \lambda H_S M_I - \mu_H H_L - \gamma H_L \\
 \frac{dH_I}{dt} &= \gamma H_L - \mu_H H_I - \alpha H_I \\
 \frac{dH_R}{dt} &= \alpha H_I - \mu_H H_R \\
 \frac{dH_V}{dt} &= \phi H_S - \mu_H H_V - \xi H_V - \rho H_V
 \end{aligned} \tag{7.1}$$

onde, κ representa a capacidade de suporte dos mosquitos, β constante de probabilidade de um encontro bem sucedido entre M_S e H_I , λ constante de probabilidade de um encontro bem sucedido entre H_S e M_I , γ^{-1} o tempo que o humano fica na fase latente antes de se tornar infectado, v taxa de oviposição dos mosquitos selvagens, ψ taxa de oviposição dos mosquitos transgênicos, $\phi \bar{v}M$ taxa de oviposição dos mosquitos transgênicos com cópula com mosquitos selvagens, ϕ taxa de vacinação, ξ falha da vacina, ρ perda da imunidade adquirida pela vacina, α^{-1} tempo de recuperação dos H_I , μ_H taxa de natalidade e mortalidade dos humanos e μ_M taxa de mortalidade dos mosquitos. Nossa espaço biológico, ou seja, o espaço admissível é dado por $\Omega = \{f(M_S; M_E; M_I; H_S; H_L; H_E; H_I; H_V) \in \mathbb{R}^8 | 0 \leq M_S + M_E + M_I \leq \kappa; 0 < H_S + H_L + H_I + H_R + H_V \leq H\}$.

Conclusões

Iniciamos o estudo deste modelo adimensionalizando-o para facilitar a análise qualitativa. Em seguida realizamos simulações numéricas para corroborar os resultados qualitativos, utilizando octave. Procuraremos obter uma análise que permita estabelecer qual seria a taxa ideal de pessoas vacinadas e, ou, qual seria o número de mosquitos estéreis que deveriam ser soltos no ecossistema para se obter um controle da doença que poderá ser feita via teoria de controle ótimo.

Referências

- [1] L.T. Takahashi, W. C. Ferreira Jr. e L. A. D'Afonseca. Propagação da Dengue entre Cidades, *Biomatemática*, 14: 1-18, 2004.