

MODELAGEM E VALIDAÇÃO DA DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DA DENGUE EM SEROPÉDICA POR MÉTODOS NÚMERICOS

Amanda Maria Cardoso Cabral (amandamaria@ufrj.br)

Edivaldo Figueiredo Fontes Junior (edivaldofontes@ufrj.br)

A dengue é um sério problema de saúde pública no Brasil. Em Seropédica, RJ, dados municipais indicaram alta incidência de casos em dezembro de 2023. Neste período, fatores ambientais contribuem para a proliferação do mosquito, podendo causar um aumento de casos de dengue nos próximos meses, levantando o questionamento: “a modelagem da dinâmica da doença no local pode prever e evitar futuras epidemias?”. O objetivo da pesquisa é estudar estratégias e técnicas numéricas para validar e simular o modelo epidemiológico MSIR, de forma a analisar o padrão comportamental e evolutivo da dengue no município de Seropédica, ao longo de dezembro de 2023 a fevereiro de 2024, bem como identificar áreas de maior incidência da doença no período descrito. A pesquisa explora uma variante do modelo clássico SIR, baseada no Princípio de Ação das Massas de Hamer e expandida para quatro compartimentos: população suscetível S, infectada I, recuperada R e aos vetores da dengue M, formando o modelo MSIR. Este modelo, foi adaptado da dissertação da autora Luciana Takata Gomes (1), que investiga o espalhamento da dengue utilizando modelos matemáticos formados por Equações Diferenciais Parciais (EDPs) com diferentes compartimentos. Para resolver o modelo MSIR não linear, foi aplicado o Método dos Elementos Finitos (MEF) para discretização espacial, o Método de Newton para linearizar

o problema e Método de Crank-Nicolson discretização temporal. O modelo MSIR, grupo de EDPs que descrevem o comportamento dos compartimentos M, S, I, e R, sobre o domínio espacial contínuo de Seropédica Ω , no tempo de simulação t_s , com termos fonte f_0, f_1, f_2 e f_3 , é da forma: $\{\partial M/\partial t - \nabla \cdot \alpha M \nabla M - vM + \mu M = f_0(x, y) \in \Omega \text{ e } t \in (0, t_s], \partial S/\partial t - \nabla \cdot \alpha H \nabla S + \beta M S = f_1(x, y) \in \Omega \text{ e } t \in (0, t_s], \partial I/\partial t - \nabla \cdot \alpha H \nabla I + \beta S M + \sigma I = f_2(x, y) \in \Omega \text{ e } t \in (0, t_s], \partial R/\partial t - \nabla \cdot \alpha R \nabla R - \sigma I = f_3(x, y) \in \Omega \text{ e } t \in (0, t_s]\}$. Para validar a implementação computacional utilizando o Método dos Elementos Finitos, o Método de Crank-Nicolson e o Método de Newton, foi construído um problema teste com a solução exata $u = (M, S, I, R) = (e^{-t} \sin(\pi x) \sin(\pi y), e^{-t} \sin(\pi x) \cos(\pi x), x + y + t, e^{x+y-t})$ e a partir dessa, através de manipulações algébricas, os termos fonte e as condições iniciais e de contorno foram encontrados. Os parâmetros αH (coeficiente de dispersão de humanos suscetíveis) = αM (coeficiente de dispersão de mosquitos) = αR (coeficiente de dispersão de humanos recuperados) = β (velocidade de propagação) = v (taxa de nascimento de vetores) = σ (velocidade de recuperação) = 1 e $t_s = 1$ foram considerados adimensionais. Como o MEF requer a discretização de Ω , uma malha foi gerada e uniformizada no software Gmsh, ao final, ficou composta por 1660 pontos nodais e 3159 triângulos lineares. Ao final, mapas de cores foram gerados pelo software Paraview apontando os erros absolutos máximos para cada compartimento no último passo de tempo da simulação. Os erros foram calculados subtraindo-se a solução exata do problema da solução aproximada pelo MEF obtida pelos autores. A validação obteve um resíduo dentro da tolerância (ordem 10^{-4}), confirmando a implementação bem-sucedida do MEF. O próximo passo será simular a evolução da dengue incluindo dados de precipitação, recipientes com acúmulo de água e fatores socio-ambientais disponibilizados pela prefeitura. Portanto, o MEF e a modelagem SIR mostram-se vantajosos para explorar fenômenos epidemiológicos em diversos contextos.

1. GOMES, L. T. Espalhamento da dengue via EDPs e lógica fuzzy. Dissertação de Mestrado – UNICAMP, 2009.

Palavras-chave: método dos elementos finitos; simulação; epidemiologia; modelos computacionais.