Proceeding Series of the Brazilian Society of Applied and Computational Mathematics, Vol. 5, N. 1, 2017.

Trabalho apresentado no CNMAC, Gramado - RS, 2016.

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Um modelo com espalhamento espacial para controle do vírus Zika e simulações computacionais

Tiago Yuzo Miyaoka[1]
Departamento de Matemática Aplicada, UNICAMP, Campinas, SP
Juliana Marta Rodrigues de Souza[2]
Departamento de Matemática, UNICAMP, Campinas, SP
João Frederico da Costa Azevedo Meyer[3]
Departamento de Matemática Aplicada, UNICAMP, Campinas, SP

1 Introdução

O vírus Zika tem preocupado muito a Saúde Pública brasileira após sua aparição no país no ano de 2015, nos estados do Rio Grande do Norte e da Bahia, devido a muitos casos de microcefalia em bebês nascidos de mãe infectadas pelo vírus, cuja exata associação ainda é desconhecida [5]. Com o passar dos meses, a doença tem se espalhado para outras regiões do Brasil e até mesmo da América Latina. Além disso, o principal mosquito vetor de sua transmissão, *Aedes aegypti*, é vetor de outras duas doenças, chikugunya e dengue, esta última podendo levar à morte e assunto de muitos estudos na literatura, como em [3].

Este trabalho tem como objetivo obter um modelo matemático inicial baseado em Equações Diferenciais Parciais não lineares e sua solução numérica por meio dos métodos de Elementos Finitos e Crank–Nicolson permitindo análises, testes de hipóteses e políticas públicas e estimulando debates. Baseados em dados disponibilizados pelo Ministério da Saúde [5], é possível estimar alguns parâmetros do modelo, para que as simulações sejam mais realistas.

2 Modelagem Matemática e Métodos Numéricos

Consideramos um modelo compartimental do tipo SIS (suscetíveis – infectados – suscetíveis à doença) e espalhamento espacial de ambas as populações, com crescimento logístico para a população de suscetíveis [2]. Escolhemos um modelo sem recuperação pois não há estudos suficientes sobre imunidade ao vírus Zika [5], embora outros modelos também possam ser considerados. Não adicionamos uma população de mosquitos transmissores, como em [3], pois a influência destes é considerada na taxa de contágio

[1]tiagoyuzo@gmail.com
[2]jumarta@gmail.com
[3]joni@ime.unicamp.br

da doença: quanto maior o número de mosquitos em uma região, maior será a taxa de contágio. Obtemos assim o seguinte sistema de Equações Diferenciais Parciais não linear:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial S}{\partial t} - \alpha_S \nabla^2 S = -\beta SI + \lambda (S+I)\left(1 - \dfrac{(S+I)}{K}\right) + \delta I \\ \dfrac{\partial I}{\partial t} - \alpha_I \nabla^2 I = \beta SI - \delta I - \mu I \end{cases} \tag{1}$$

com condições iniciais adequadas e de contorno de Neumann homogênea (fluxo de saída de indivíduos nulo). α_S e α_I são os coeficientes de difusão; β é a taxa de contágio da doença; λ é a taxa de crescimento intrínseco da população; K é a capacidade de suporte da população; δ é a taxa de recuperação da doença e μ a taxa de mortalidade dos infectados.

Devido às não linearidades do sistema (1) e possíveis descontinuidades em sua condição inicial, optamos por utilizar o Método de Elementos Finitos, triangulares e lineares de primeira ordem, nas variáveis espaciais, ao invés do Método de Diferenças Finitas, que exige continuidade das funções consideradas [4]. Para a variável temporal utilizamos o método de Crank–Nicolson, por ser incondicionalmente estável e de segunda ordem. Obtemos assim sistemas algébricos não–lineares a serem resolvidos para cada passo de tempo considerado. Cada um desses sistemas é linearizado por meio do método preditor–corretor de Douglas e Dupont [1].

3 Conclusões

O vírus Zika obteve reconhecimento internacional devido à sua possível associação à microcefalia em recém nascidos, que neste trabalho são entendidos como uma porcentagem da população de infectados. A partir da modelagem matemática e dos métodos expostos neste trabalho, desenvolvemos um código capaz de gerar cenários, dependentes dos parâmetros do modelo que podem ser estimados baseados em dados reais. As simulações obtidas podem auxiliar na discussão sobre políticas públicas para o controle do vírus Zika, possivelmente contribuindo para isso.

Referências

[1] J. Douglas, and T. Dupont. Galerkin methods for parabolic equations, *SIAM Journal on Numerical Analysis*, 7.4:575–626, 1970.

[2] L. Edelstein-Keshet. *Mathematical models in biology.* Vol. 46. Siam, 1988.

[3] L. T. Gomes, Um estudo sobre o espalhamento da dengues usando equações diferenciais parciais e logica fuzzy, Dissertação de Mestrado, Unicamp, 2009.

[4] A. Iserles. *A first course in the numerical analysis of differential equations.* No. 44. Cambridge University Press, 2009.

[5] Ministério da Saúde. `http://portalsaude.saude.gov.br/` - último acesso em 09/03/2016.