

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Modelagem e Determinação de Parâmetros Epidemiológicos para o Surto de Cólera no Iêmen

Marina Lima¹

Departamento de Matemática Aplicada, IMECC - UNICAMP, Campinas, SP

Graziane Sales Teodoro²

Departamento de Ciências Exatas, DEX - UFLA, Lavras, MG

João Frederico C. A. Meyer³

Departamento de Matemática Aplicada, IMECC - UNICAMP, Campinas, SP

Desde 2015, o Iêmen vive um conflito armado entre grupos rivais, que tem levado o país a enfrentar uma grave crise humanitária, pois além dos milhares de mortos em combates, um surto de cólera tem assolado o país, pois a infraestrutura de água, lixo e esgoto foi praticamente destruída e existe um bloqueio que prejudica a distribuição de alimentos.

A cólera é uma doença infecciosa aguda, causada pelo *Vibrio cholerae*, que coloniza o intestino humano, multiplica-se rapidamente e causa diarreia, vômitos, dor abdominal e se não tratada prontamente, leva à morte. A transmissão da doença ocorre de forma direta (via fecal-oral), ou indireta (água e/ou comida contaminada), sendo essa forma mais relevante para a dinâmica da doença [1].

O período de incubação varia de 18 horas a 5 dias e logo após os sintomas começam abruptamente. As formas clínicas são a cólera seca, na qual o indivíduo infectado entra em choque e vai a óbito rapidamente; forma clássica, em que há diarreia e vômito e pode levar a morte; forma benigna, em que não há sintomatologia aparente e a doença só é diagnosticada através de exames laboratoriais. O tratamento consiste de reidratação e uso de antibióticos e a prevenção é feita por medidas de saneamento, tratamento de água e cuidados com a higiene pessoal e com os alimentos [3].

Com relação a epidemiologia da cólera, consideramos um modelo de curto prazo, pois utilizamos os dados coletados do ProMED-EDR, os quais correspondem ao período de 258 dias. O modelo é do tipo Kermack-McKendrick, ou seja, *SIRS*, em que *S* são os indivíduos Suscetíveis, *I* os Infectados e *R* os Resistentes. Como a epidemia é de curta duração, não consideraremos a dinâmica populacional dos seres humanos, somente as mortes causadas pela doença. Ademais, consideramos que as bactérias possuem crescimento Malthusiano e que elas são afetadas por medidas sociais e sanitárias.

Para a dinâmica da doença, consideramos que os indivíduos que estão na variação aguda morrem quando infectados; os que estão na clássica, apresentam o ciclo *SIRS*; e

¹marina@ime.unicamp.br

²graziane.teodoro@dex.ufla.br

³joni@ime.unicamp.br

os que estão na benigna, possuem o ciclo SR . Dessa forma, para uma população B de bactérias *Vibrio cholerae*, construímos o seguinte modelo:

$$\frac{dS}{dt} = -\alpha_I BS + \beta R; \quad (1)$$

$$\frac{dI}{dt} = \alpha_I BS - \gamma I - \mu_I I; \quad (2)$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I - \beta R; \quad (3)$$

$$\frac{dB}{dt} = \lambda B - \mu_B B + \eta I, \quad (4)$$

em que α_I é a taxa de indivíduos suscetíveis que, em contato com água contaminada, tornam-se infectados; β é a taxa de indivíduos resistentes que tornam-se suscetíveis; γ é a taxa de indivíduos infectados que tornam-se resistentes; μ_I é a taxa de indivíduos infectados que morrem em decorrência da doença; λ é a taxa de crescimento populacional das bactérias; μ_B é a taxa de mortes das bactérias devido às ações sociais e sanitárias; η é a contribuição de cada pessoa infectada para a população de bactérias no ambiente aquático.

Utilizando os dados do ProMED-EDR para a população de humanos e os de [2] para as bactérias, obtivemos os parâmetros do nosso modelo através do método de regressão linear, o qual apresentou uma alta correlação com os dados e a curva que se ajustou a maior parte dos dados.

Referências

- [1] D. M. Hartley, J. G. J. Morris and D. L. Smith. Hyperinfectivity: a critical element in the ability of *V. cholerae* to cause epidemics?, *Plos Medicine*, 2006.
- [2] S. D. Hove-Musekwa, F. Nyabadza, C. Chiyaka, P. Das, A. Tripathi and Z Mukan-davire. Modelling and analysis of the effects of malnutrition in the spread of cholera. *Mathematical and Computer Modelling*, 2011.
- [3] I. M. J. Longini, A. Nizam, M. Ali, M. Yunus, N. Shenvi and J. D. Clemens. Controlling endemic cholera with oral vaccines. *PLoS Medicine*, 2007.