

Uma Aplicação de dois Modelos para Covid-19 no Brasil

Raimundo S. Marcolino¹, João F. C. A. Meyer²

Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica, UNICAMP, Campinas, SP

A Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou Covid-19 uma pandemia global em março de 2020. Esta pandemia interrompeu as atividades em todo o mundo e forçou muitos países a redefinirem suas economias e diferentes políticas de controle foram recomendadas pela OMS, como bloqueio, quarentena, isolamento, distanciamento social. Infelizmente, essas políticas de controle causaram uma desaceleração econômica, mortalidades, inflação, alta taxa de criminalidade, ilegalidade e fome em muitos países [4].

Nos modelos apresentados dispomos dos compartimentos, S , Suscetíveis que pode contrair a doença, E , Expostos que recentemente contraiu a doença, e que até o momento, não a transmite, A , Assintomáticos não têm sintomas mas transmite a doença, I , Infectados têm sintomas e transmite a doença e, R , Recuperados ou Removidos para SEAIR e mais um compartimento, V , Vacinados para SAEIRV.

Este trabalho se constitui do estudo e do desenvolvimento de modelos epidemiológicos que possam ser descritos através de sistemas de equações diferenciais ordinárias evolutivas e não lineares, e que serão aplicados em alguns estudos de casos relativos à dinâmica da Covid-19 no Brasil.

O modelo SEAIR considera o seguinte sistema de equações diferenciais :

$$\begin{cases} \dot{S} &= bN + \delta R - \beta_1 SA/N - \beta_1 SI/N - mS \\ \dot{E} &= \beta_1 SA/N + \beta_1 SI/N - (\alpha_1 + \alpha_2 + m)E \\ \dot{A} &= \theta(1 - \alpha)E - (\phi_1 + \phi_2 + m)A \\ \dot{I} &= \alpha\theta E + \phi_1 A - (\gamma + \mu + m)I \\ \dot{R} &= \phi_2 A + \gamma I - (\delta + m)R \end{cases} \quad (1)$$

Já o modelo SEAIRV considera o sistema (2), com as equações da segunda a quinta do sistema (1)

$$\dot{S} = bN + \delta R + \eta V - \beta_1 SA/N - \beta_1 SI/N - (v + m)S, \quad \dot{V} = vS - (\eta + m)V. \quad (2)$$

Na simulação que será apresentada, usou-se o software Octave, o método de Dormand-Prince, um dos métodos de Runge-Kutta. Para rodar os modelos para o Brasil, usou-se os coeficientes estimados de fontes externas de artigos científicos [1–3, 5] e dados coletados da vida real [6, 7]. O período usado nesta simulação foi de 07/11/2022 a 26/02/2023, conforme [7]. Nos dois modelos, para a condição inicial, os seguintes valores foram fixados: $S(0) = 211426268$, $S_V(0) = 211300336$, $E(0) = 1650000$, $A(0) = 100000$, com $I(0) = 123307$ e $R(0) = 18064$ de [7] e $V(0) = 125932$ de [6], já os valores iniciais para as outras populações foram definidos aleatoriamente como se descrevessem a situação retratada. A Figura 1 apresenta o gráfico dos modelos e dados reais da Covid-19, com os parâmetros $\beta_1 = 0,11$ assumido tentativamente, $\eta = 1/180$, $m = 1/28105$, $\theta = 1/6$, $\gamma = 1/7$, $\alpha = 0,65$, $\delta = 1/50$, $v = 0,00309$, $\mu = 0,0000114$, $\phi_1 = 1/5$ de [1–3, 5–7] respectivamente e $\phi_2 = 1/10$, com a estimativa do $\mathcal{R}_0 = 0,841$ e $\mathcal{R}_0^V = 0,541$, pico da doença em declínio.

¹r154170@dac.unicamp.br

²joni@ime.unicamp.br

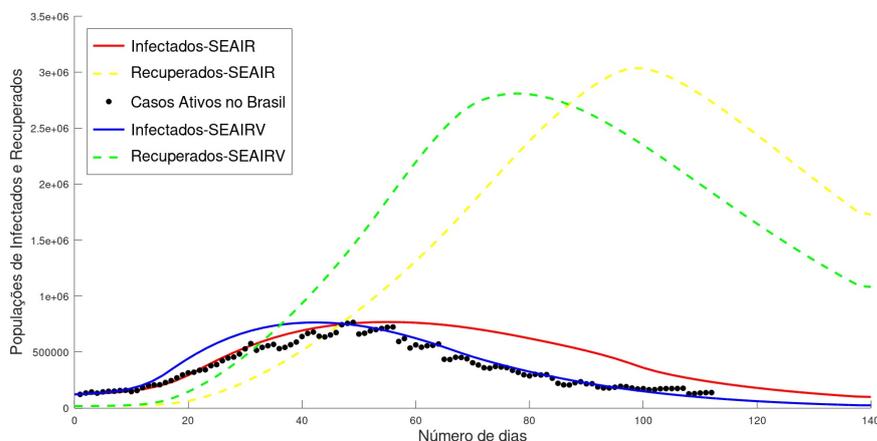


Figura 1: Comparação entre os resultados numéricos dos modelos e dados empíricos. Fonte: Autores

A relativa proximidade da simulação do modelo SEAIRV com a situação efetiva da pandemia no Brasil no período temporal considerado conforme os dados coletados, evidentemente sugerem forte e insistentemente o quão úteis podem ser os modelos desenvolvidos cientificamente na preparação de uma sociedade para enfrentar um surto epidêmico ou uma epidemia.

Referências

- [1] D. R. Feikin, M. M. Higdon, L. J. Abu-Raddad, N. Andrews, R. Araos, Y. Goldberg, M. J. Groome, A. Huppert, K. L. O'Brien, P. G. Smith e others. "Duration of effectiveness of vaccines against SARS-CoV-2 infection and COVID-19 disease: results of a systematic review and meta-regression". Em: **The Lancet** 369 (2022), pp. 924–944. DOI: 10.1016/S0140-6736(22)00152-0.
- [2] IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Estimativa da expectativa de vida da população brasileira**. Online. Acessado em 02/02/2023, <https://www.ibge.gov.br/novo-portal-destaques.html?destaque=35600>. 2021.
- [3] E. Iboi, O. O. Sharomi, C. Ngonghala e A. B. Gumel. "Mathematical modeling and analysis of COVID-19 pandemic in Nigeria". Em: **MedRxiv** 17 (2020), pp. 7192–7220. DOI: 10.3934/mbe.2020369.
- [4] C. E. Madubueze, N. M. Akabuike e S. Dachollom. "The role of mathematical model in curbing COVID-19 in Nigeria". Em: **medRxiv** (2020), pp. 135–147. DOI: 10.1101/2020.07.22.20159210.
- [5] J. F. C. A. Meyer, M. Lima, C. C. Espitia, F. Longo, B. Laiate, A. Gois e C. F. D. Kunz. "Different Approaches to the Modelling of COVID-19". Em: **Trends in Computational and Applied Mathematics** 22 (2021), pp. 515–531. DOI: 10.5540/tcam.2021.022.04.00515.
- [6] Vacinômetro. **Ministério da Saúde COVID-19**. Online. Acessado em 02/01/2023, https://infoms.saude.gov.br/extensions/SEIDIGI_DEMAS_Vacina_C19/SEIDIGI_DEMAS_Vacina_C19.html. 2021.
- [7] Worldometer. **World / Countries / Brazil: Coronavirus Statistics**. Online. Acessado em 28/02/2023, <https://www.worldometers.info/coronavirus/country/brazil/>. 2020.