

Modelagem Fracionária da dinâmica da COVID-19 no Amazonas

Micaeli Mendola Theodoro¹

Programa de Pós-graduação em Biometria, Unesp, Botucatu

Rubens Figueiredo Camargo²

Departamento de Matemática, FC, Unesp, Bauru

Thomas Nogueira Vilches³

Departamento de Matemática Aplicada, IMECC, UNICAMP, Campinas

Paulo Fernando de Arruda Mancera⁴

DBBVPZ, Instituto de Biociências, Unesp, Botucatu

No final de dezembro de 2019, houve um surto de pneumonia acompanhada por febre, tosse seca, fadiga e eventuais problemas gastrointestinais, ocorrido inicialmente em Wuhan, China [4], o vírus responsável pela infecção foi sequenciado e relacionado com o SARS-CoV, agente etiológico da síndrome respiratória aguda grave (do inglês, *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus*) e responsável pela epidemia em 2003, a partir de então o vírus passou a ser designado como SARS-CoV-2 e a doença causada por sua infecção, como Coronavirus Disease, 2019 (COVID-19) [3]. O primeiro caso de COVID-19 no Brasil foi em 25 de fevereiro de 2020. No dia 11 de março alcançamos a marca de 11.202.305 casos e 270.656 óbitos por COVID-19.

Neste trabalho utilizamos modelagem fracionária para um modelo SEIRD baseado em [2], visando embutir o efeito das simplificações na ordem não inteira da derivada. Sendo S a população suscetível à doença, E os indivíduos que são assintomáticos, I é o compartimento dos infectados sintomáticos, R é o compartimento da população que não está mais no período infeccioso e se recuperou da doença e D o compartimento daqueles que faleceram em decorrência de complicações da COVID-19.

Considerando então no modelo (1) a ordem da derivada fracionária de Caputo, $0 < \alpha \leq 1$, obtemos o seguinte sistema de EDFs (Equações Diferenciais Fracionárias):

$$\begin{cases} D^\alpha S &= & -r_1 S E - r_2 S I \\ D^\alpha E &= & r_1 S E + r_2 S I - a_1 E - c_1 E \\ D^\alpha I &= & c_1 E - a_2 I - c_2 I, \\ D^\alpha R &= & a_1 E + a_2 I, \\ D^\alpha D &= & c_2 I. \end{cases} \quad (1)$$

A partir de simulações numéricas baseadas no método FracPECE [1] foram feitas estimações por meio do método dos mínimos quadrados para os parâmetros $S(0)$, $E(0)$, a_1 e r_1 , considerando fixos os seguintes parâmetros $a_1 + c_1 = 0, 2 \text{ dias}^{-1}$ (inverso do período médio de incubação) $a_2 + c_2 = \frac{1}{11} \text{ dias}^{-1}$ (inverso do período médio como infeccioso sintomático), $r_2 = 0$, ou seja, que os indivíduos sintomáticos, após serem detectados se isolam, portanto não contaminam outros indivíduos, e a

¹micaeli.theodoro@unesp.br

²rubens.camargo@unesp.br

³thomvilches@gmail.com

⁴paulo.mancera@unesp.br

letalidade de 5%. Na Figura 1 apresentamos graficos, comparando com os dados reais de casos acumulados e mortes em decorrência da COVID-19 no estado, considerando $\alpha = 0,95$:

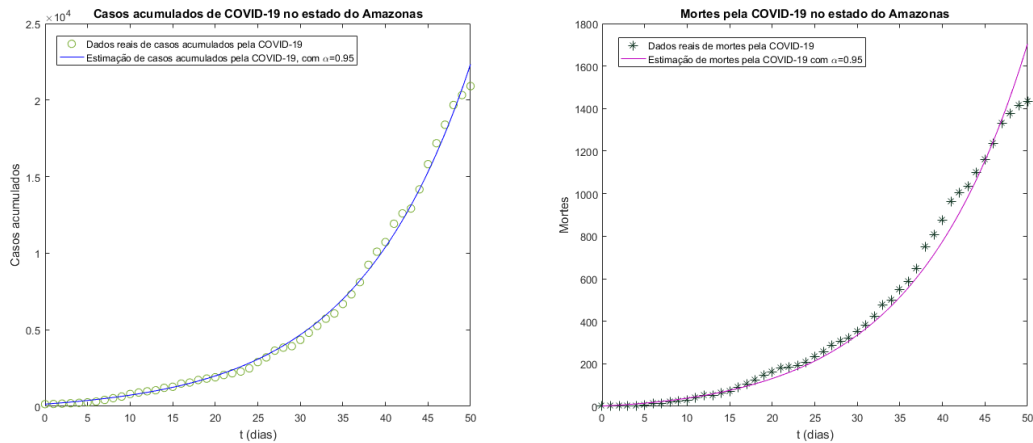


Figura 1: Comparação entre os dados reais de casos e mortes em decorrência da COVID-19 fornecidos pela base de dados da Fiocruz⁶ e a estimação feita pelos autores.

Pode-se observar um excelente ajuste do modelo perante aos dados reais, mesmo com as simplificações, utilizando a ordem não inteira da derivada $\alpha = 0,95$. Com este ajuste, será analisada estratégias de controle futuramente.

Agradecimentos

MMT agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de financiamento 001. Número do processo: 88887.482516/2020-00. TNV agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Número do processo: 2018/24811-1.

Referências

- [1] K. Diethelm, A.D. Freed, The Frac PECE subroutine for the numerical solution of differential equations of fractional order, in: S. Heinzl, T. Plesser (Eds.), *Forschung und Wissenschaftliches Rechnen* 1998, Gessellschaft fur Wissenschaftliche Datenverarbeitung, Gottingen, pp. 57-71, (1999).
- [2] K. Rajagopal, A fractional-order model for the novel coronavirus (COVID-19) outbreak, *Non-linear Dynamics* (2020) 101:711–718. <https://doi.org/10.1007/s11071-020-05757-6>
- [3] W. G. Santos, Natural history of COVID-19 and current knowledge on treatment therapeutic options, *Biomedicine and Pharmacotherapy*, vol. 129, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.110493>.
- [4] Y. C. Wu, Y. J. Chan, The outbreak of COVID-19: An overview, *Journal of Chinese Medical Association*, 2020, 83(3):217-220. <https://doi.org/10.1097/JCMA.0000000000000270>.