

Evolução da COVID-19 no Brasil no período de 25/02/2020 a 26/04/2021: aplicação do modelo de regressão de Weibull

Victor Matheus Silva do Carmo¹

Marisa Veiga Capela²

Jorge Manuel Vieira Capela³

DEFM/IQ-UNESP, Araraquara, SP

O modelo clássico SIR (Suscetível-Infetado-Removido) e suas extensões têm sido utilizados para estudar o efeito de diferentes fatores sobre o processo de transmissão da epidemia de COVID-19. No entanto, a aplicação de tais modelos exige a compreensão dos processos de transmissão e controle da doença em plena pandemia. Assim, existe espaço para modelos menos complexos e mais robustos, baseados na curva de crescimento de casos, sem a necessidade de hipóteses epidemiológicas muito detalhadas [1, 4].

Este estudo tem como objetivo descrever a evolução da Covid-19 supondo-se que a taxa de variação do número de infectados seja dada pela equação diferencial

$$\frac{dI}{dt} = \beta(K - I)\delta t^{\delta-1}, \quad (1)$$

sendo I o número de infectados, β a taxa de crescimento, K uma constante, denominada capacidade de suporte. A função $\delta t^{\delta-1}$ descreve a componente de disseminação do vírus como função do tempo, sendo δ uma constante adimensional. A resolução da Eq.1, após uma parametrização conveniente dada por $\beta\delta = \alpha^\delta$, resulta em:

$$I = K - (K - I_0)e^{-(\alpha t)^\delta}, \quad (2)$$

sendo I_0 o número inicial de infectados, K , α e δ parâmetros a serem estimados pelo ajuste da equação aos dados empíricos. A Eq.2 define uma função sigmoideal, conhecida na literatura como função de crescimento de Weibull [3].

Como a pandemia da Covid-19 ainda não cessou são apresentados aqui resultados preliminares, referentes à curva epidemiológica de 25/02/2020 a 26/04/2021 [2]. A Figura 1-a mostra a curva de crescimento dada pela média móvel de 7 dias do número de casos diários. A média móvel, além de indicar a tendência, também é uma ferramenta para suavizar as flutuações acentuadas pelo registro impreciso e irregular do número de casos diários. O número de casos acumulados ao longo de todo o período considerado são mostrados na Figura 1-b.

Na curva da média móvel diária de casos foi ajustado um modelo constituído pela soma de duas curvas de crescimento, com um coeficiente de determinação $R^2 = 0.9437$. Observa-se ainda, que partir do 225º dia (06/10/2020) a curva de crescimento 2 passa a ser predominante.

Na curva de casos acumulados da Figura 1-b nota-se a presença de dois pontos de inflexão, ou seja, a curva epidemiológica caracteriza-se por um crescimento sigmoideal bem definido até alcançar a saturação próximo do 225º dia e por um outro tipo de crescimento após esse dia.

¹victor.carmo@unesp.br.

²marisa.capela@unesp.br.

³jorge.capela@unesp.br.

O fato da curva apresentar dois regimes de crescimento pode estar relacionados a medidas de contingenciamento à circulação do vírus e a subsequente flexibilização ou, até mesmo o surgimento de novos focos de propagação ou mutações mais contagiosas.

O modelo de regressão definido pela soma de duas funções de Weibull dadas na Eq.2 ajustou-se bem ao conjunto de número de casos acumulados de infectados como função do tempo, obtendo-se um coeficiente de determinação $R^2 = 0,9998$.

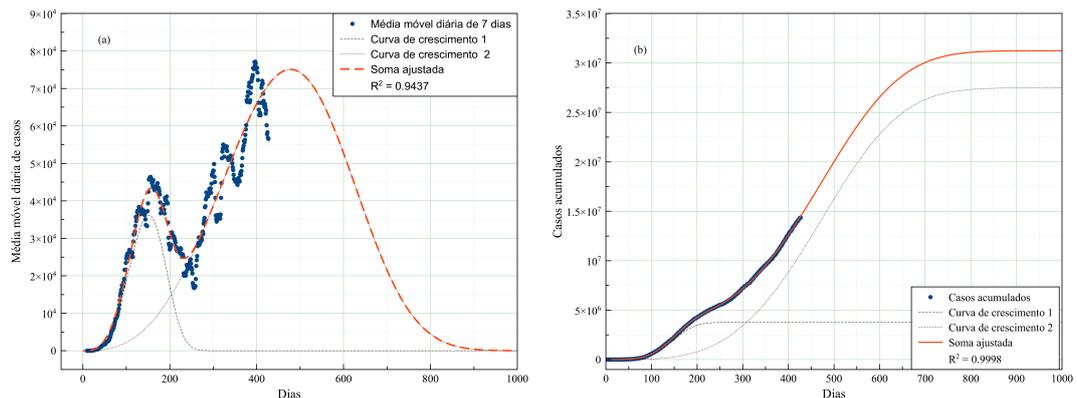


Figura 1: Dados de casos de Covid-19 no Brasil de 25/02/2020 a 26/04/2021. (a) Ajuste da soma de duas curvas de crescimento de Weibull à média móvel de 7 dias de casos diários. (b) Ajuste da soma de duas funções sigmoidais de Weibull ao número de casos acumulados.

Neste trabalho foi realizada uma análise preliminar sobre a evolução da Covid-19 no Brasil, restrita ao conjunto de dados do período compreendido entre 25/02/2020 a 26/04/2021. Resultados em um cenário mais preciso serão obtidos ao final da pandemia.

É possível concluir, pelo menos no período analisado, que a propagação da doença segue uma dinâmica na qual a taxa de infecção é proporcional ao número de suscetíveis, disseminando-se segundo uma lei de potência como função do tempo. Devido à presença de mais do que um regime de crescimento, o estudo sugere que os melhores resultados de ajuste poderão ser obtidos com a utilização de modelos formulados pela soma de duas ou mais funções de crescimento de Weibull.

Referências

- [1] El Aferni, A., Guettari, M. and Tajouri, T. Mathematical model of Boltzmann’s sigmoidal equation applicable to the spreading of the coronavirus (Covid-19) waves. *Environmental Science and Pollution Research*, 1–9, 2020. DOI:10.1007/s11356-020-11188-y
- [2] Ministério da Saúde do Brasil. Painel Corona Vírus, 2021. Disponível em: <https://covid.saude.gov.br/>. Acesso em: 9 mar. 2021.
- [3] Ratkowsky, D.A. *Nonlinear regression modeling*, Marcel Dekker Inc. New York, 1983.
- [4] Wu, K., et al. Generalized logistic growth modeling of the COVID-19 outbreak: comparing the dynamics in the 29 provinces in China and in the rest of the world. *Nonlinear Dynamics* 101: 1561–1581, 2020. DOI:10.1007/s11071-020-05862-6