

# Influência da imunidade temporária na dinâmica de propagação do COVID-19 e sua relação com o isolamento social e imunização

**Cristiane M. Batistela**

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
cmbatistela@yahoo.com.br

**Manuel A. Cabrera**

\*

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
mmedinac26@gmail.com

**Marien M. Ramos**

†

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
mmesar95@gmail.com

**Giovanni M. Dieguez**

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
giovanni.dieguez@usp.br

**José R. C. Piqueira**

‡

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
piqueira@lac.usp.br

## Resumo

O interesse na modelagem matemática de doenças infecciosas tem sido objeto de muitas pesquisas pois permite o entendimento melhor dos mecanismos de transmissão e constituem uma ferramenta importante para fornecer estratégias de controle de disseminação, podendo contribuir para estabelecer políticas públicas de prevenção. A literatura científica é muito diversa em epidemiologia com estudos de aplicação da teoria de controle, controle e sincronismo de caos, estudo de modelos heterogêneos e aplicação do

---

\*CAPES

†FDTE

‡CNPq

valor crítico em modelos estocásticos ou determinísticos. Os modelos compartimentais são capazes de descrever o comportamento dinâmico da população em função do estado epidemiológico e equações diferenciais são usadas para representar a dinâmica entre os estados devido a taxa de infecção, isolamento social, mortalidade e recuperação. Os modelos compartimentais têm contribuído para o estudo do COVID-19 ao mostrarem a influência da quarentena em diferentes estágios da doença [?], do isolamento social [?] e o estudo de casos não reportados [?, ?]. A apresentação tem por objetivo mostrar a influência da reinfeção na dinâmica de propagação do vírus e como ela interfere nas previsões. Para isso, é proposto um modelo compartimental Susceptível - Infectado - Removido - Doente (SIRSi), que é uma modificação do modelo clássico Susceptível - Infectado - Removido (SIR) [?]. O modelo proposto considera a possibilidade de casos não notificados ou assintomáticos e diferenças na imunidade dentro de uma população, ou seja, a possibilidade da imunidade adquirida ser temporária. A estabilidade assintótica local e condições de equilíbrio endêmico são apresentadas para o modelo proposto. O modelo é ajustado aos dados de três grandes cidades do estado de São Paulo no Brasil, a saber, São Paulo, Santos e Campinas, fornecendo estimativas de duração e picos relacionados à propagação da doença. Esse estudo revela que a imunidade temporária favorece uma segunda onda de infecção e depende do intervalo de tempo para que uma pessoa recuperada seja suscetível novamente. Também indica a possibilidade de um maior número de pacientes serem infectados com a diminuição do tempo de reinfeção [?]. Além disso, com o uso das estratégias de vacinação, como abordado em [?], o modelo SIRSi tem sido estudado quanto as estratégias de imunização e ao isolamento social.

## Referências

- [1] MISHRA, BIMAL. K.; KESHRI, AJIT. K.; RAO, YERRA. S.; MISHRA, BINAY. K. MAHATO, BUDDHADEO, MAHATO.; AYESHA, SYEDA.; RUKHAIYYAR, BANSIDHAR. P.; SAINI, DINESH. K.; SINGH, ADITYA. K., *COVID-19 created chaos across the globe: Three novel quarantine epidemic models*, Chaos, Solitons & Fractals, 138, (2020), 109928.
- [2] PAN, QIUHUI.; GAO, T.; HE, MINGFENG., *Influence of isolation measures for patients with mild symptoms on the spread of COVID-19*, Chaos, Solitons & Fractals, 139, (2020), 110022.
- [3] COTTA, RENATO. M.; NAVEIRA-COTTA, CAROLINA. P.; MAGAL, PIERRE., *Mathematical parameters of the COVID-19 epidemic in Brazil and evaluation of the impact of different public health measures*, Biology, (2020),9(8), 220.
- [4] LEE, CHAEYOUNG.; LI, YIABO.; KIM, JUNSEOK., *The susceptible-unidentified infected-confirmed (SUC) epidemic model for estimating unidentified infected population for COVID-19*. Chaos, Solitons & Fractals, 139, (2020), 110090.
- [5] KERMACK, WILLIAN. O.; MCKENDRICK, A. G., *A contribution to the mathematical theory of epidemics. Proceedings of the royal society of london. Series A, Containing papers of a mathematical and physical character*, (1927) 115(772), 700-721.

- [6] BATISTELA, CRISTIANE. M.; CORREA, DIEGO. P.; BUENO, ÁTILA. M.; PIQUEIRA, JOSÉ. R. C., *SIRSi compartmental model for COVID-19 pandemic with immunity loss*, Chaos, Solitons & Fractals, 142, (2021), 110388.
- [7] BATISTELA, CRISTIANE. M.; CABRERA, MANUEL. A; PIQUEIRA, JOSÉ. R. C., *COVID-19: Estudo da imunização usando modelo SIR*, Anais da Sociedade Brasileira de Automática, (2020), 2(1).