

# FORTES CORRELAÇÕES ENTRE O CRESCIMENTO LEI DE POTÊNCIA DA COVID-19 EM QUATRO CONTINENTES E A INEFICIÊNCIA DAS ESTRATÉGIAS DE QUARENTENAS LEVES

(Dados analisados até o dia 27 de Março de 2020)

## Strong correlations between power-law growth of COVID-19 in four continents and the inefficiency of soft quarantine strategies

Cite as: Chaos 30, 041102 (2020); doi: [10.1063/5.0009454](https://doi.org/10.1063/5.0009454)

Submitted: 31 March 2020 · Accepted: 8 April 2020 ·

Published Online: 28 April 2020



[View Online](#)



[Export Citation](#)



[CrossMark](#)

Cesar Manchein,<sup>1,a)</sup>  Eduardo L. Brugnago,<sup>2,b)</sup>  Rafael M. da Silva,<sup>2,c)</sup>  Carlos F. O. Mendes,<sup>3,d)</sup>   
and Marcus W. Beims<sup>2,e)</sup> 

### AFFILIATIONS

<sup>1</sup> Departamento de Física, Universidade do Estado de Santa Catarina, 89219-710 Joinville, SC, Brazil

<sup>2</sup> Departamento de Física, Universidade Federal do Paraná, 81531-980 Curitiba, PR, Brazil

<sup>3</sup> Escola Normal Superior, Universidade do Estado do Amazonas, 69050-010 Manaus, AM, Brazil

<sup>a)</sup> Author to whom correspondence should be addressed: [cesar.manchein@udesc.br](mailto:cesar.manchein@udesc.br)

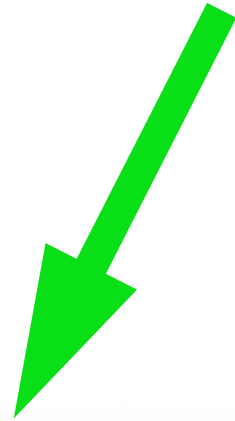
<sup>b)</sup> [elb@fisica.ufpr.br](mailto:elb@fisica.ufpr.br)

<sup>c)</sup> [rmarques@fisica.ufpr.br](mailto:rmarques@fisica.ufpr.br)

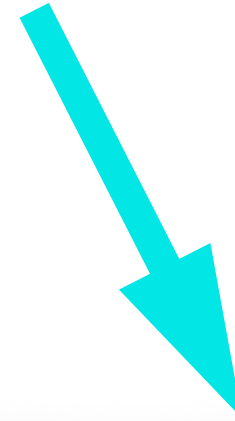
<sup>d)</sup> [cfabio.mendes@gmail.com](mailto:cfabio.mendes@gmail.com)

<sup>e)</sup> [mbeims@fisica.ufpr.br](mailto:mbeims@fisica.ufpr.br)

**Resultados deste trabalho têm dois enfoques**



**Acadêmico:**  
***modelos epidemiológicos para  
a propagação da COVID-19***

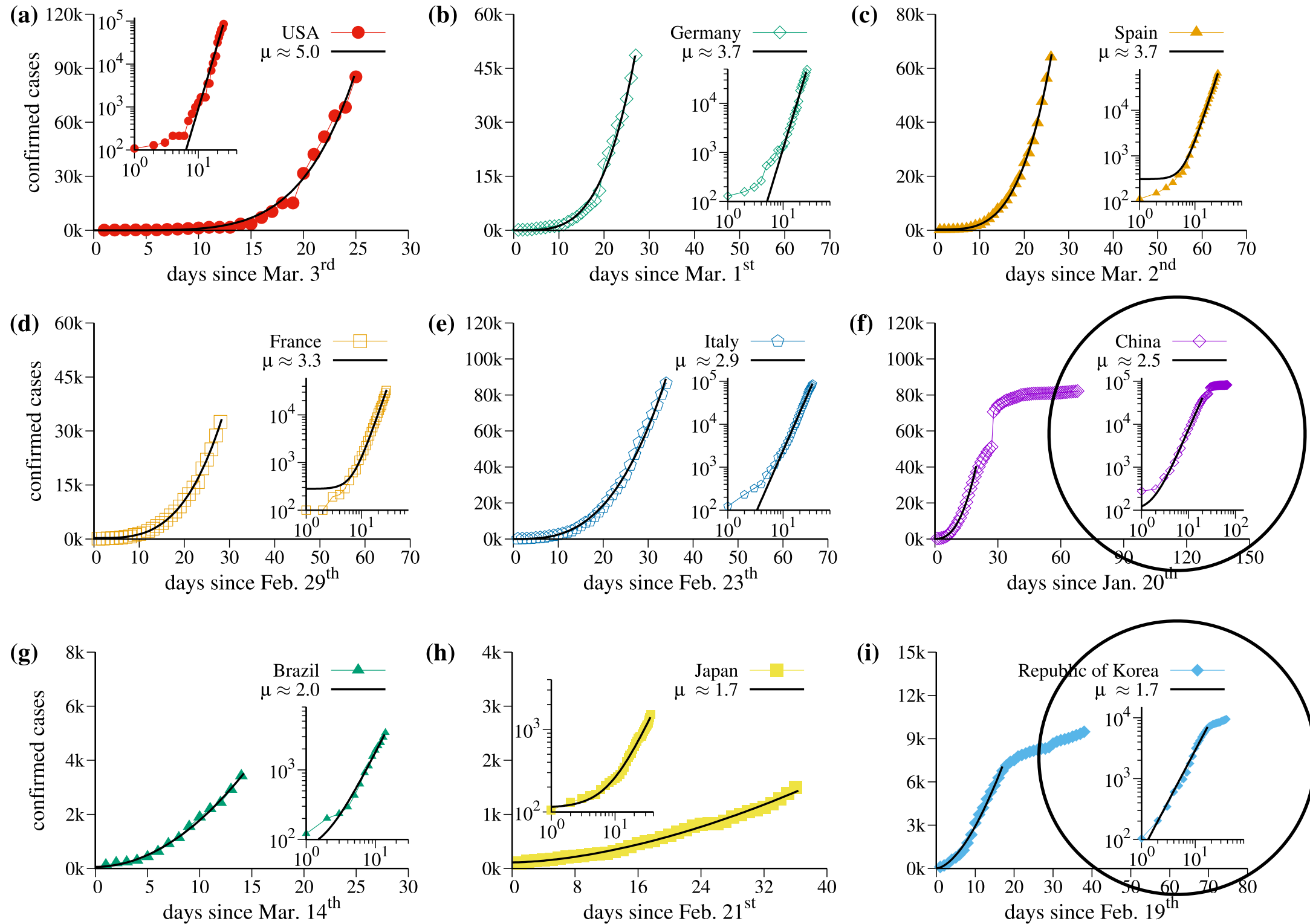


**Prático:**  
***correlações e estratégias de contenção  
do alastramento da COVID-19***

$$\alpha + \beta t^\mu$$

(Dados analisados até o dia 27 de Março de 2020)

<sup>13</sup>World Health Organization, see <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports/> for “Coronavirus disease (COVID-2019) situation reports” (2020).



**FIG. 1.** Cumulative number of confirmed infected cases by COVID-19 as a function of time for (a) USA, (b) Germany, (c) Spain, (d) France, (e) Italy, (f) China, (g) Brazil, (h) Japan, and (i) Republic of Korea, excluding days with <100 infected cases. The black-continuous curves represent the function  $\alpha + \beta t^\mu$  that fit the time-series, and the parameters  $\alpha$ ,  $\beta$ , and  $\mu$  for each country are described in Table I.

## Enfoque acadêmico: Crescimento tipo Lei de Potência

Sugere que...

<sup>6</sup>T. Ray, see <https://www.zdnet.com/article/graph-theory-suggests-covid-19-might-be-a-small-world-after-all/> for “Graph theory suggests COVID-19 might be a ‘small world’ after all” (2020).

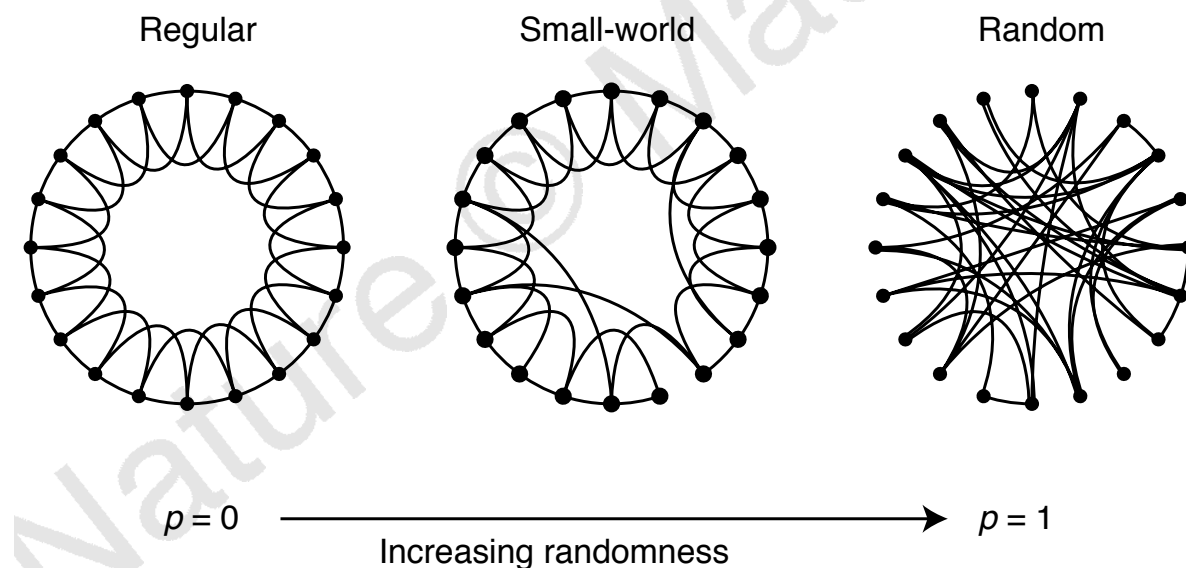
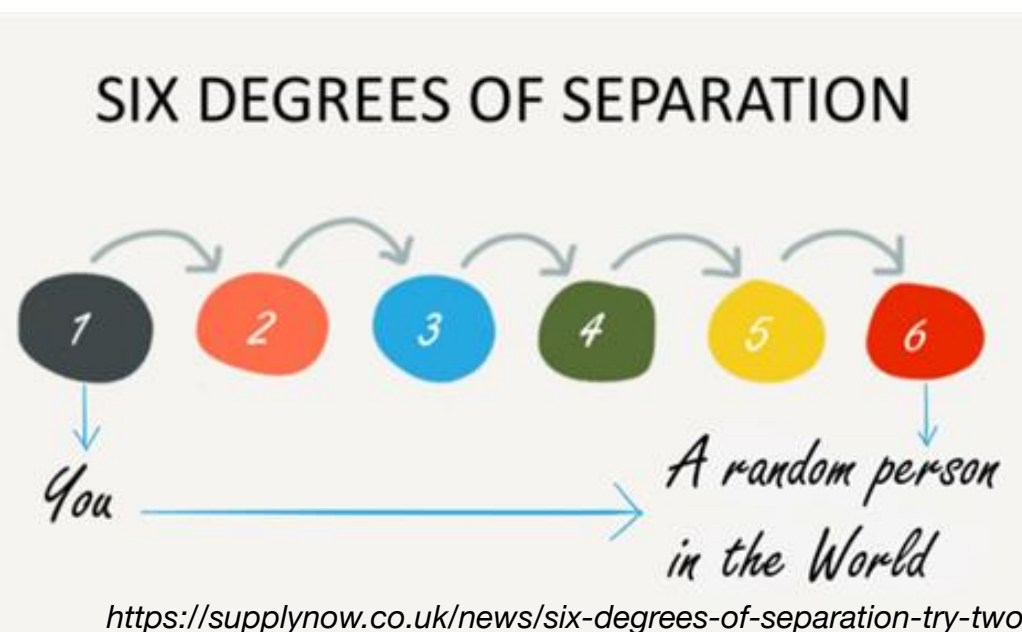
<sup>7</sup>H. M. Singer, “Short-term predictions of country-specific COVID-19 infection rates based on power law scaling exponents,” [arXiv:2003.11997v1](https://arxiv.org/abs/2003.11997v1) (2020).

<sup>8</sup>B. F. Maier and D. Brockmann, “Effective containment explains sub-exponential growth in confirmed cases of recent COVID-19 outbreak in mainland China,” [arXiv:2002.07572v1](https://arxiv.org/abs/2002.07572v1) (2020).

<sup>9</sup>A. Ziff and R. Ziff, see <https://doi.org/10.1101/2020.02.16.20023820> for “Fractal kinetics of COVID-19 pandemic” (2020).

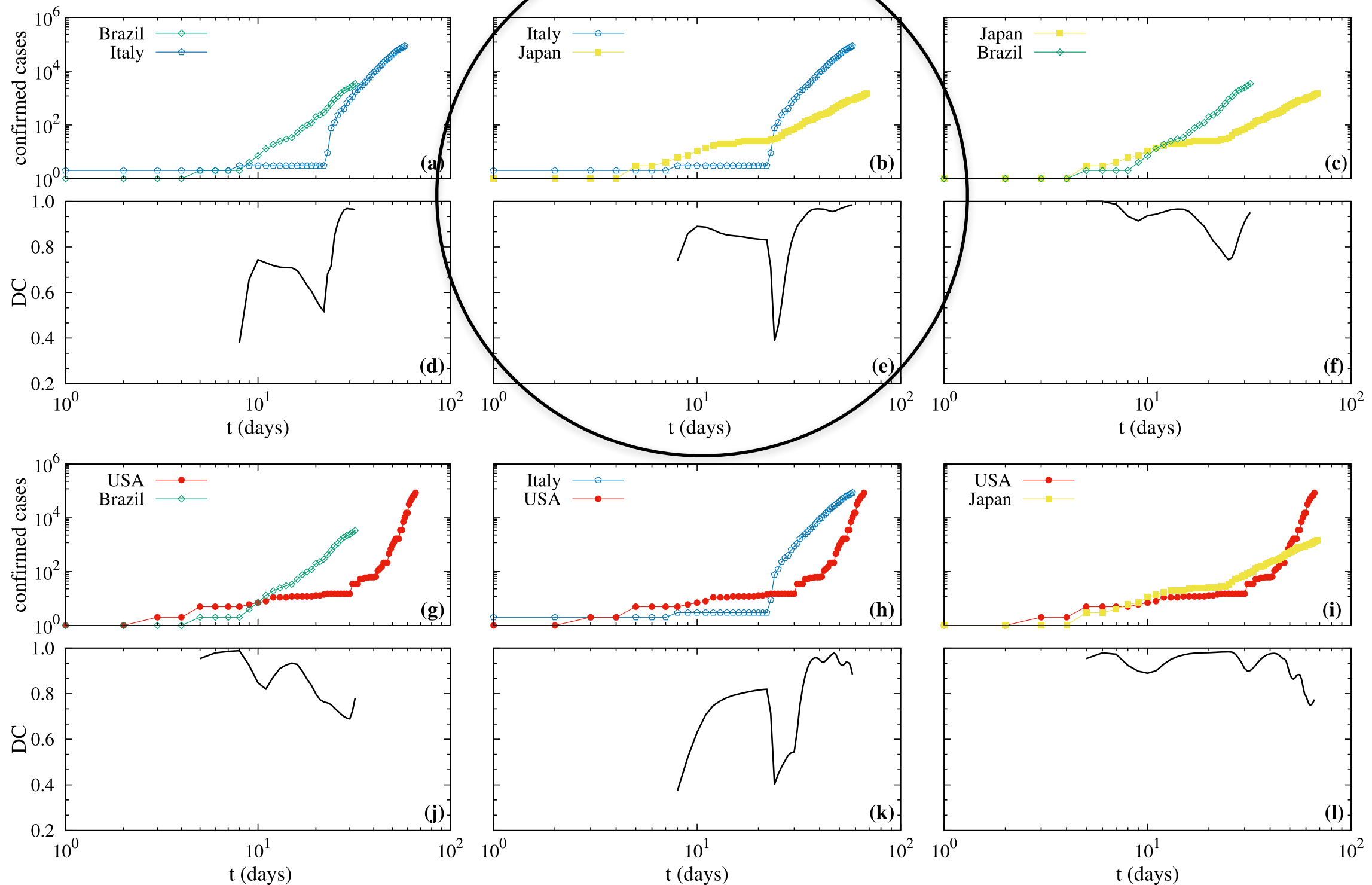
Modelos epidemiológicos da COVID-19 podem ser descritos por redes de “mundo pequeno” ou “livres de escala”

From: Watts, D. J. e Strogatz S. H., *Collective dynamics of small-world networks* Nature, 393 , 440 (1998).



# Correlações entre crescimentos

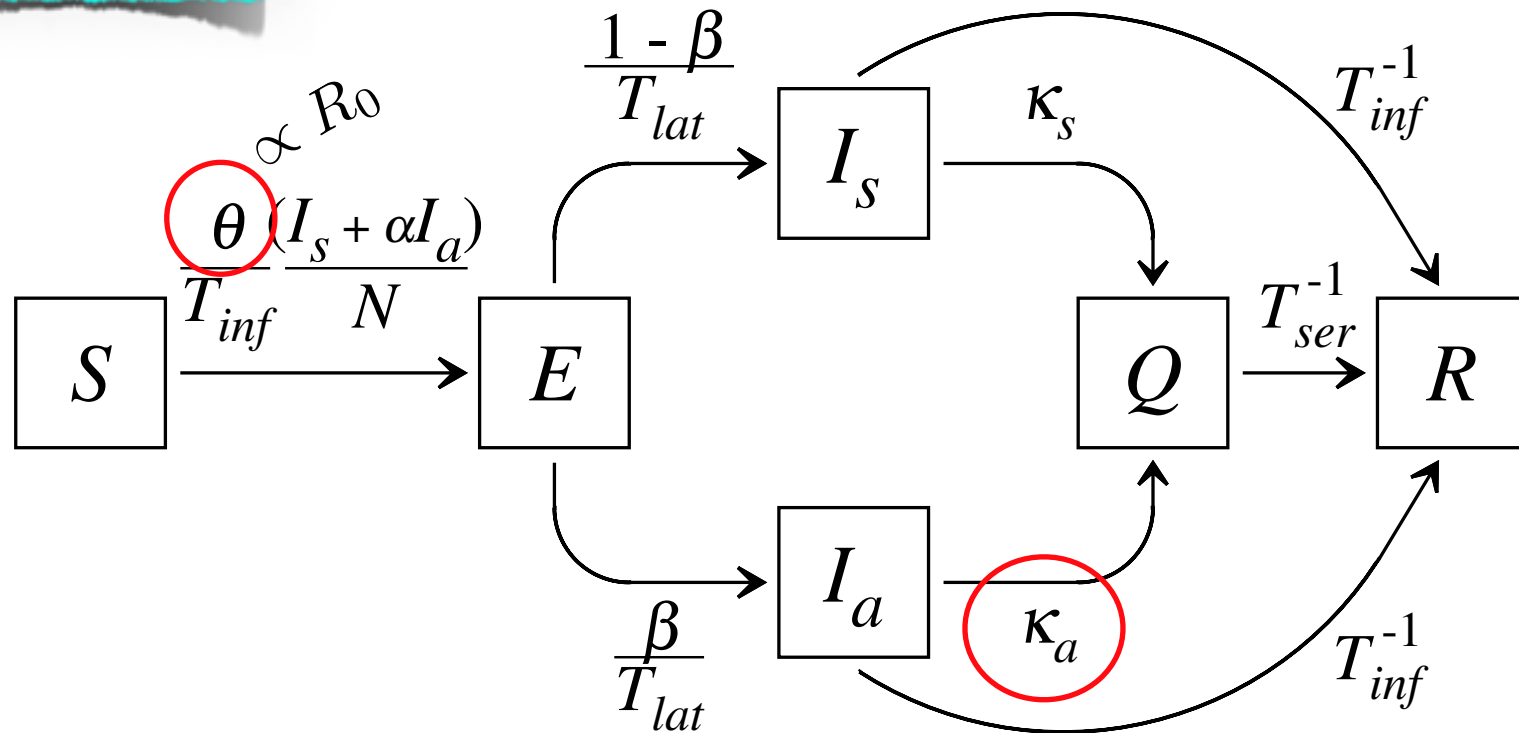
<sup>10</sup>G. J. Székely, M. L. Rizzo, and N. K. Bakirov, "Measuring and testing dependence by correlation of distances," *Ann. Stat.* **35**, 2769–2794 (2007).



**FIG. 2.** In panels (a), (b), (c), (g), (h), and (i) the log–log plot of the cumulative numbers of confirmed infected cases as a function of time is presented for the possible pairs of countries formed between Brazil, Italy, Japan, and USA. The semi-log plot of DC calculated between these pairs of countries is presented in panels (d), (e), (f), (j), (k), and (l), respectively.

# Estratégias de contenção

## Suscetíveis-Expostos-Infetados-Recuperados (SEIR)



$$\begin{aligned} \dot{S} &= -\frac{\theta}{T_{inf}} \frac{(I_s + \alpha I_a)}{N} S, \\ \dot{E} &= \frac{\theta}{T_{inf}} \frac{(I_s + \alpha I_a)}{N} S - \frac{E}{T_{lat}}, \\ \dot{I}_s &= (1 - \beta) \frac{E}{T_{lat}} - \left( \kappa_s + \frac{1}{T_{inf}} \right) I_s, \\ \dot{I}_a &= \beta \frac{E}{T_{lat}} - \left( \kappa_a + \frac{1}{T_{inf}} \right) I_a, \\ \dot{Q} &= \kappa_s I_s + \kappa_a I_a - \frac{Q}{T_{serial}}, \\ \dot{R} &= \frac{I_s + I_a}{T_{inf}} + \frac{Q}{T_{serial}}. \end{aligned}$$

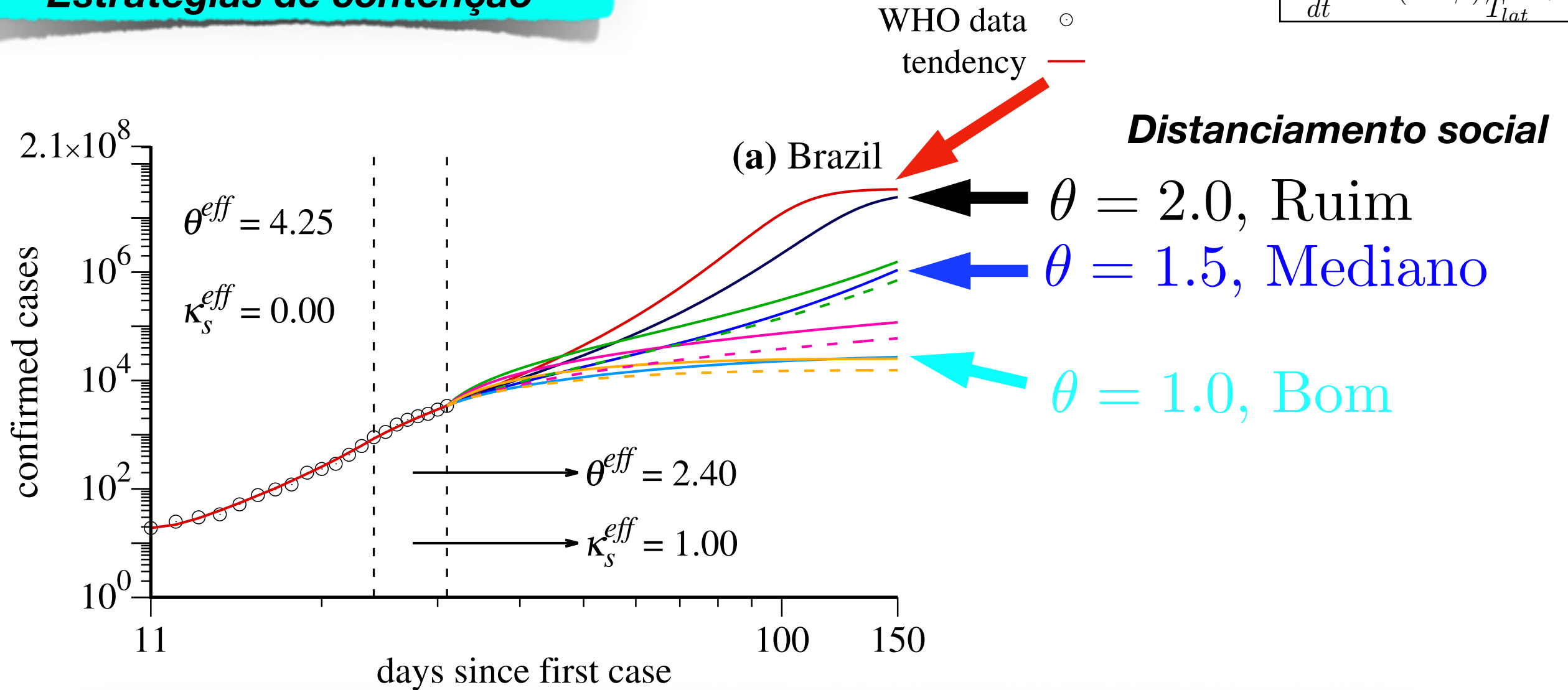
Variável	Significado	Condições Iniciais
$N$	População do país.	Depende do país.
$S$	Indivíduos suscetíveis à infecção.	$S(t_0) = N - E(t_0) - C(t_0)/(1 - \beta)$
$E$	Indivíduos expostos, permanecem latentes até que se tornam infecciosos.	Ajustado conforme dados.
$I_s$	Casos infecciosos sintomáticos.	$I_s(t_0) = C(t_0)$
$I_a$	Casos infecciosos assintomáticos ou com sintomas leves.	$I_a(t_0) = \beta C(t_0)/(1 - \beta)$
$Q$	Indivíduos infecciosos isolados (em quarentena).	$Q(t_0) = 0$
$R$	Indivíduos recuperados, tornaram-se imunes.	$R(t_0) = 0$
$C$	Total de casos confirmados.	Dados OMS [1]

Parâmetros	Significado	Classe
$T_{ser} = 7.5$	Tempo médio entre sucessivos casos de transmissão da doença.	Predefinido [29]
$T_{lat} = 5.2$	Período médio de incubação.	Predefinido [15, 29]
$T_{inf} = 2.3$	Período de infecção. $T_{inf} = T_{ser} - T_{lat}$	Predefinido [15]
$\alpha = 1$	Razão entre $I_a$ e $I_s$ .	Predefinido
$\beta = 0.8$	Razão da população que permanece assintomática ou com sintomas leves.	Predefinido [1]
$\theta = \gamma R_0$	$R_0$ número básico de reprodução, $\gamma$ fator de interação.	Ajustável/Estratégias
$\kappa_s$	Taxas de isolamento dos indivíduos sintomáticos.	Ajustável/Estratégias
$\kappa_a$	Taxas de isolamento dos indivíduos assintomáticos.	Estratégias



## Estratégias de contenção

$$\frac{dC_{cum}}{dt} = (1 - \beta) \frac{E}{T_{lat}} + \kappa_a I_a$$



**Resultado prático I: Distanciamento social é extremamente relevante**

**Resultado prático II: Um distanciamento social mediano, junto com a identificação e isolamento diário de 1% dos indivíduos infectados assintomáticos, não é suficiente para diminuir significativamente o número de casos**

**Resultado prático III: Estratégias são igualmente válidas em diferentes países.**



# Portal COVID-19 no Paraná

Este portal tem por objetivo agregar informações atualizadas, modelos estatísticos, visualizações de dados e links úteis sobre a pandemia COVID19 no Brasil, mais especialmente no Estado do Paraná.

O conteúdo disponibilizado é um esforço conjunto de pesquisadores dos Departamentos de Estatística, Informática, Física, Matemática, Design e Saúde da Universidade Federal do Paraná e pesquisador do Insper-SP, com o apoio da Direção do Setor de Ciências Exatas da UFPR.

Casos no Brasil

**125823**

Óbitos no Brasil

**8529**

Casos no Paraná

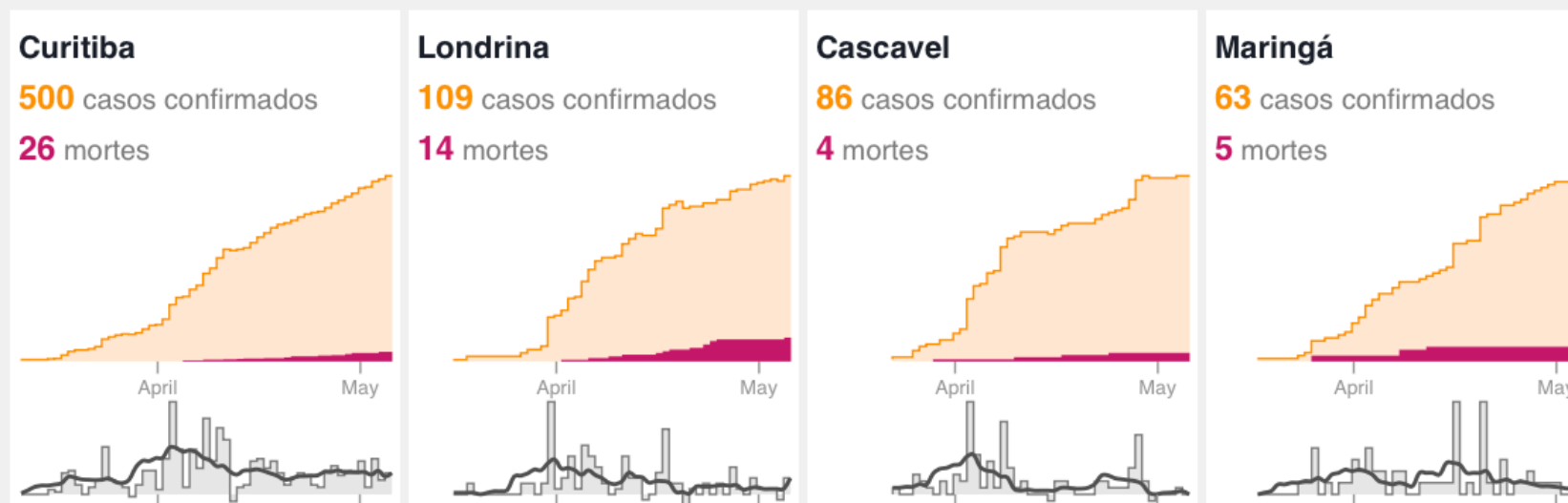
**1647**

Óbitos no Paraná

**104**

última atualização: 06/05/2020 (fonte)

## Evolução dos casos

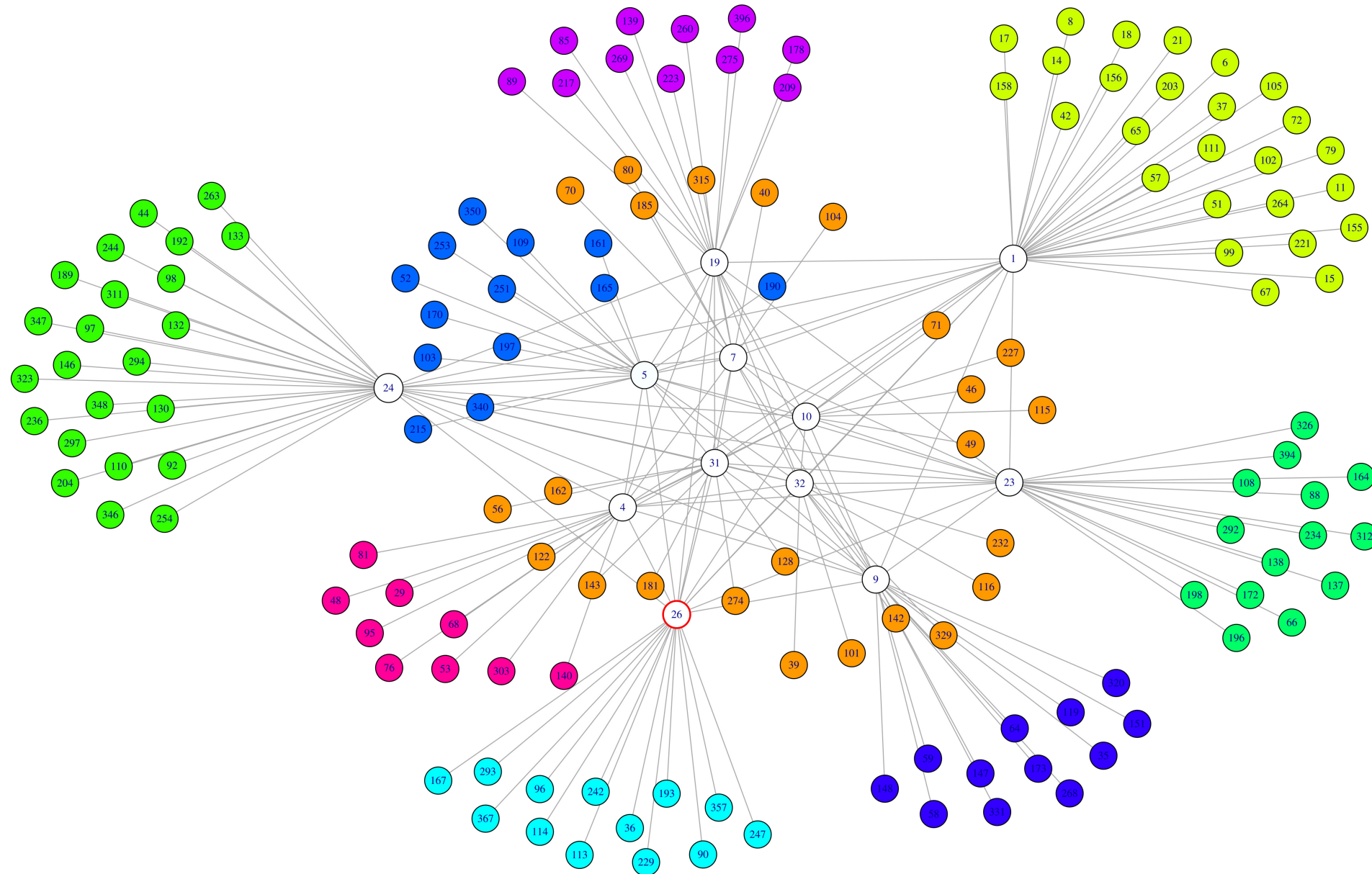




# Grafo para o Estado do Paraná - em andamento

Professores **Sandro ES Pinto** e **Pedro Miranda** - Universidade Estadual de Ponta Grossa

Agradecimentos: Professores **Eduardo Almeida** e **André Grégio** - Departamento Informática - UFPR



**Possíveis contribuições (ideias) dos físicos no combate à pandemia**  
**(Dinâmica não linear, caos e sistemas complexos)**

**Análise das séries temporais (caóticas)**

**Dinâmica da propagação de vírus em redes complexas**  
**(Exemplo: indivíduos, cidades, municípios, regiões, aeroportos etc)**

**Simulações de modelos aplicados à economia, pós pandemia, “lockdown” parciais,...**

**Controle de tráfego de pedestres, desportistas em epidemias, e depois....**

*Bernardo Mello, UnB (<https://arxiv.org/abs/2004.00423>)*

**Recomendações e Orientações Gerais para o Esporte Brasileiro frente à COVID-19**

*Fernando Mezzadri (UFPR) e Paulo Schmitt (<https://tinyurl.com/y78fsvdq>)*