



# MODELAGEM MATEMÁTICA E COMPUTACIONAL NA COVID-19



**73<sup>A</sup> REUNIÃO ANUAL DA SBPC:**

• 18 a 24 de **julho** de 2021 •

Realização:



Instituições parceiras:



Apoio:



Rodrigo Weber dos Santos  
Marcelo Lobosco  
Bernardo Martins Rocha

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Brasil



**73<sup>A</sup> REUNIÃO ANUAL DA SBPC:**

• 18 a 24 de **julho** de 2021 •

Realização:

Instituições parceiras:

Apoio:



# MODELAGEM MATEMÁTICA E COMPUTACIONAL NA COVID-19

Aula 1: Introdução à modelagem computacional e  
Modelos epidemiológicos

Rodrigo Weber dos Santos

Aula 2: Modelagem da resposta do sistema imune  
Marcelo Lobosco

Aula 3: Métodos para a quantificação de incertezas  
Bernardo Martins Rocha



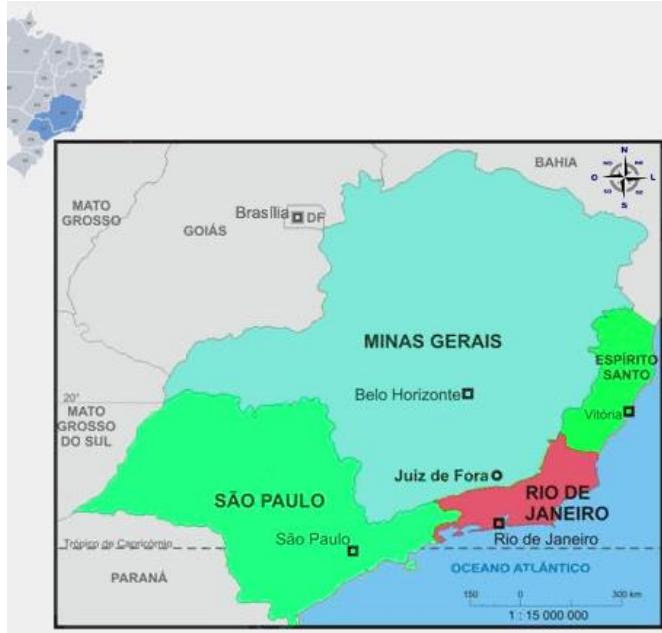
## Aula 1:

Introdução à modelagem computacional. Conceitos básicos de modelagem via equações diferenciais; Modelos tipo SIR; Exemplos de modelos que capturam a dinâmica da pandemia COVID-19 no Brasil e no mundo. Impacto das incertezas, subnotificação, distanciamento social e vacinação. Usos e limitações dos modelos. (Insight Maker)

## Aula 2:

Visão geral do funcionamento do sistema imune humano. Desenvolvimento de modelos para descrever a resposta imune contra o SARS-CoV-2. Comparação dos resultados numéricos com os dados clínicos. (Python)

Aula 3: Introdução à calibração, quantificação de incertezas e análise de sensibilidade de modelos da dinâmica do COVID-19. (Python)

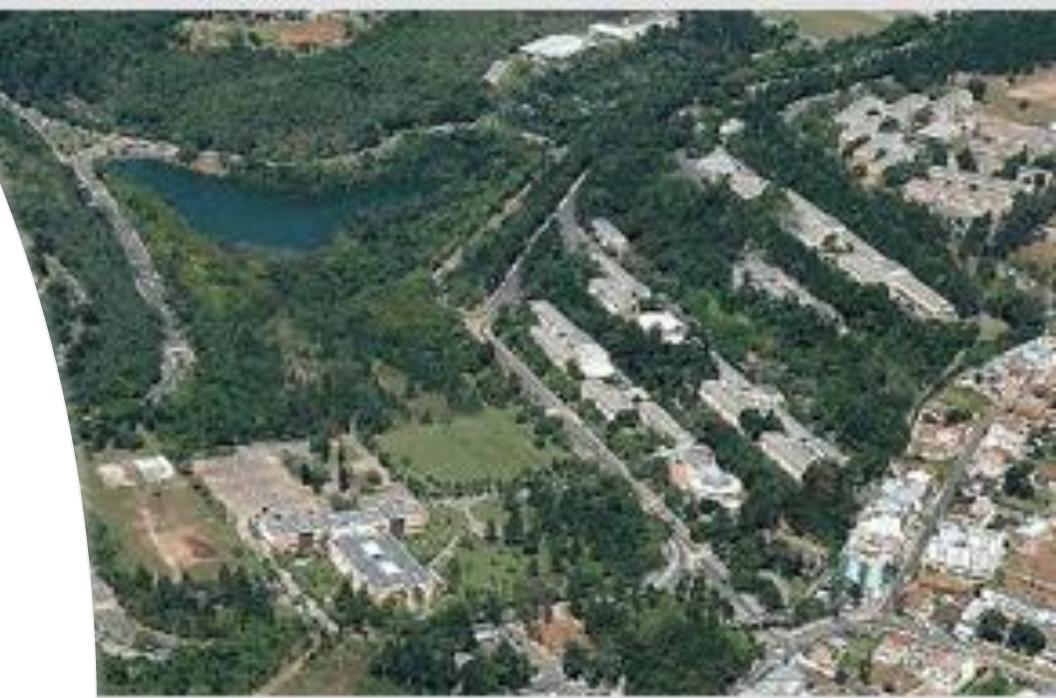


Juiz de Fora city  
Around 600.000 inhabitants  
Max altitude of 1000m

# UFJF Campus

---

- UFJF offers over 100 of undergraduate and graduate courses
- 1000 Professors
- 1500 Staff
- 25000 Students





Simplify | Participate | Information access | legislation | Information channels

UFJF | Search in UFJF | Highlights UFJF

de Juiz de Fora

**ma de Pós-Graduação em**  $\nabla \cdot \vec{u} = 0$   $A = I - dt^* \mathbf{Jac}$   
**DELAGEM COMPUTACIONAL**

People | Teaching Internship | Selective process | Theses and Dissertations | Events | links | warnings

The Graduate Program in Computational Modeling. We are an program with master's and doctoral courses (grade 4 in the CAPES), multidisciplinary training combining theory and application of concepts. What problems with a multidisciplinary perspective applying theoretical mathematical description of the problems to the development and testing of deals with the applied part, involving the creation of computational systems of the solutions. Who are our students? Everyone interested in a that involves the knowledge of at least two interrelated areas, but which in a single discipline course.[Read more](#)

disciplines set  
018

be offered in the  
at the Graduate

archive (1).zip failed - Network error

Teacher selection Guest 2018

The PGMC / UFJF has one (01) Teacher wave visitor who is filled with a simplified selection process. Registration runs until

DCC125\_A\_2018\_1....csv DCC125\_A\_2018\_1.csv

Show all

9:13 PM  
6/5/2018

Teses e  
Dissertações



Universidade Federal de Juiz de Fora

Search in UFJF Highlights UFJF

# ENGENHARIA COMPUTACIONAL

**10 ANOS**  
2009 - 2019

initial About the course ▾ Registration ▾ for Students ▾ Organization ▾ documents ▾ warnings links

The course Computational Engineering's main characteristic is interdisciplinary and is a joint proposal of the Faculty of Engineering and the Institute of Mathematical Sciences, along the lines of Graduate Studies in Computational Modeling Program. The proximity to this course graduate guarantees the student a training in a research environment, so that it gets used to question, to seek new solutions, check your ideas and compare them with those of others, which certainly constitute in a comparative advantage in the labor market. A recurring question among the candidates for the selection process is the difference between the course of Computer Engineering and other computer area courses such as Computer Science and Computer Engineering.[Read more](#)

**Rooms and times of the disciplines of FACENG 2019-1**

In order to better guide our students, we were

**Course graduates testimonials of Computational Engineering**

The course is ushering in a new section on its



Guia do Estudante  
**MELHORES**  
**UNIVERSIDADES**  
2018

ESTADÃO  
Engenharia Computacional - Bacharelado  
Universidade Federal de Juiz de Fora  
Juiz de Fora

★★★★★

8



**Subsolo do novo prédio do  
DCC, onde se localiza o  
Projeto de Reciclagem de  
Computadores.**



# Engenharia Computacional

“O **novo** pilar da ciência básica”

“A ferramenta da engenharia **moderna**”

A engenharia computacional tem como objetivos o desenvolvimento de **simuladores** para apoiar o desenho, testagem e avaliação de diferentes **sistemas**. Esses sistemas são dos mais diversos.

# O que é modelagem computacional?

# Modelo



*Modus* - quantify

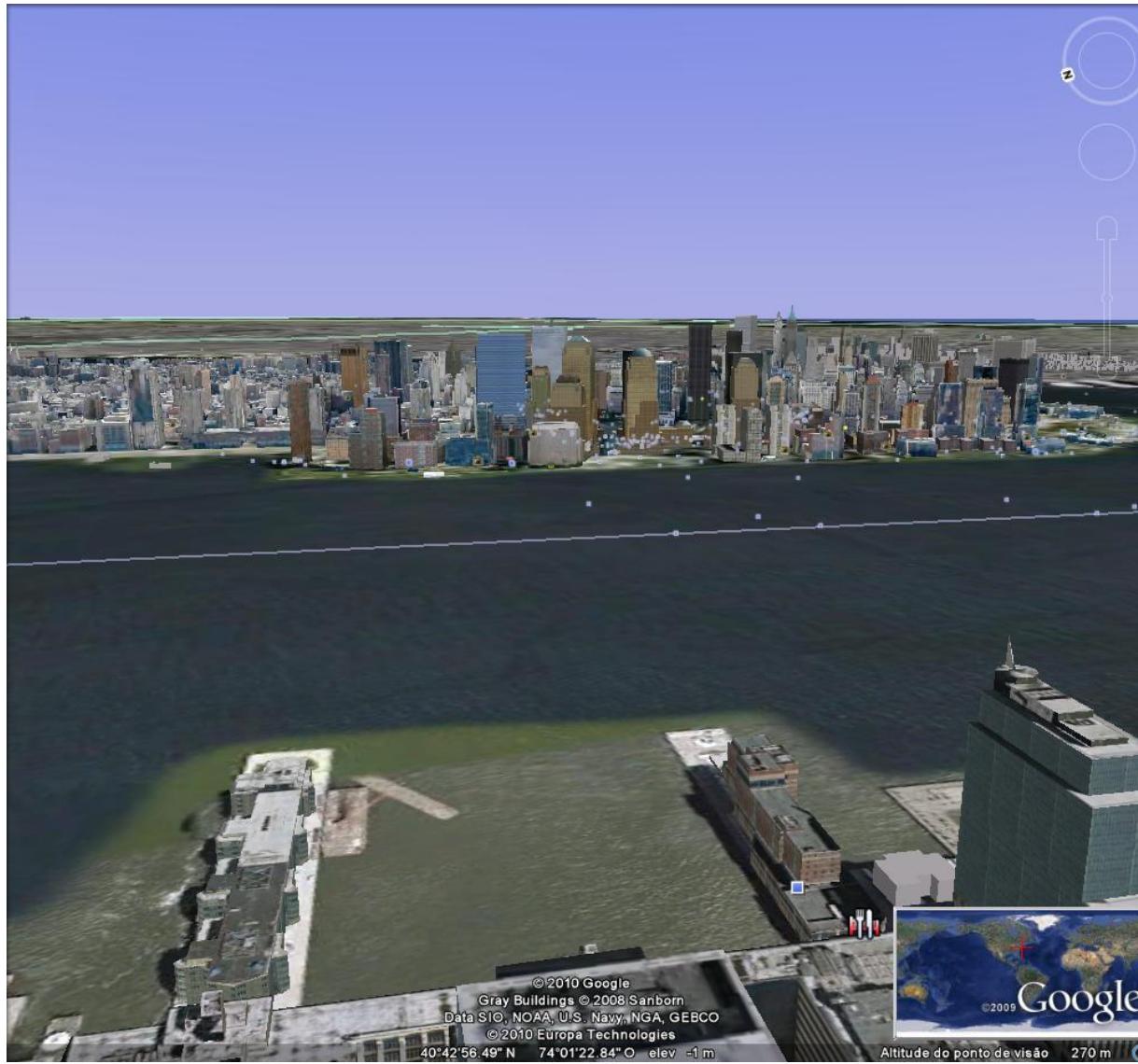
# Reality



# Model



# Computational Model



# Model of Phenomena, Function = Physiology

## Tudo que sobe, desce – O tiro para cima

Com a experiência adquirida no Passo-a-passo da página anterior, vamos tentar resolver o problema do "tiro para cima". Vamos prever qual será o movimento da bala, sua posição e sua velocidade a cada instante. Temos de lembrar que estamos fazendo **um modelo, e que, estamos desprezando a interferência da atmosfera sobre o movimento.**

O que encontramos de diferente nesse caso é o fato de o objeto não estar sendo largado de uma certa altura; ao contrário, está sendo **lançado para cima** com uma **velocidade inicial diferente de zero!** Esse movimento é um MRUV, pois a aceleração, independentemente de o objeto estar subindo ou descendo, é**constante** e igual a **g**.

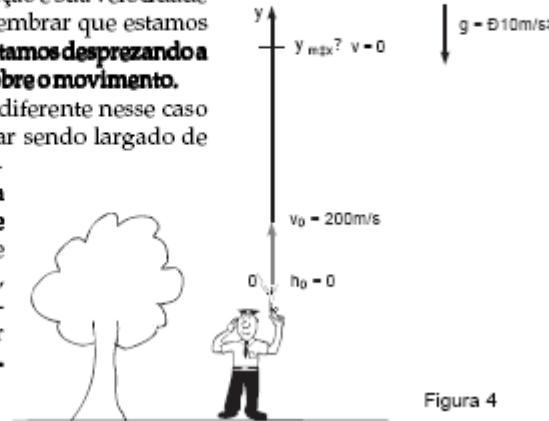


Figura 4

Ao ser lançada, uma bala de revólver tem **velocidade inicial** de aproximadamente 200 m/s. Podemos definir que a **posição inicial** da bala é  $y_0 = 0$ , exatamente na boca do cano do revólver. Assim, a **função horária da posição** é:

$$y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2}gt^2 = 0 + 200 t + \frac{1}{2}(-10)t^2$$

$$y = 200 t - 5 t^2$$

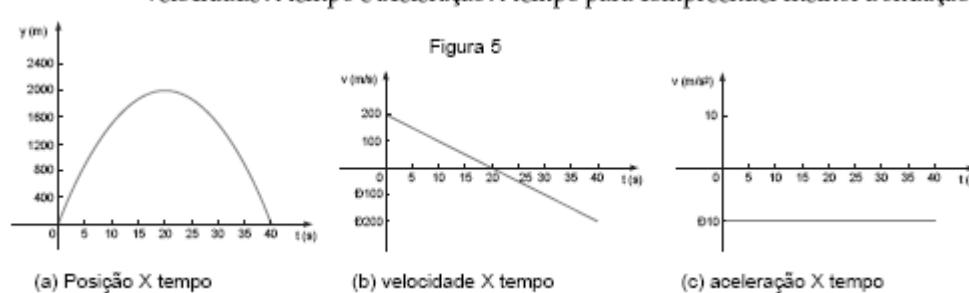
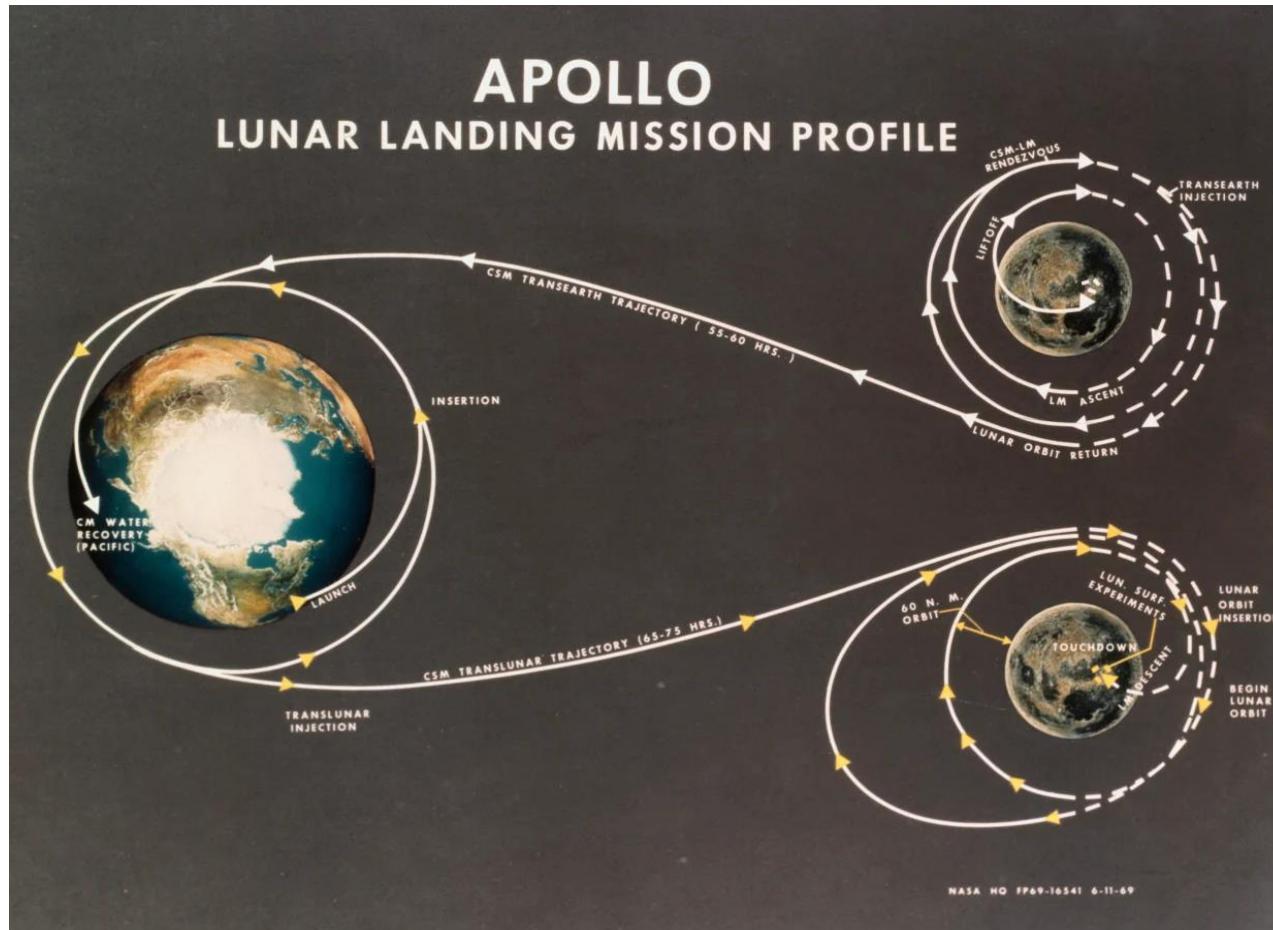


Figura 5

# Viagem de ida e volta à Lua (1969)



# Viagem de ida e volta à Lua (1969)

**Solution:** Select the Apollo 11 Flight Conditions for initial conditions:  $r_0$ ,  $v_0$ ,  $\phi_0$  and  $\lambda_1$ .

**Given:**  $r_0 := \text{DU} + 334\text{km}$     $v_0 := 10.6\text{km/s}$     $\phi_0 := 0\text{deg}$    A reasonable angle to arrive at moon  $\lambda_1 := 30\text{deg}$

**Find:**  $r_1$ ,  $v_1$ ,  $\phi_1$ ,  $\gamma_1$  (the last symbol,  $\gamma$ , is the Greek letter gamma, the Arrival Phase Angle at the Moon)

Initial Energy and Angular Momentum are    $\text{Energy}(v_0, r_0) = -0.011 \cdot VU^2$     $h_0 := h(v_0, r_0, \phi_0) = 1.441 \cdot \frac{\text{DU}^2}{\text{TU}}$

$D = 60.268 \cdot \text{DU}$    By the Law of Cosines:    $r_1(\lambda_1) := \sqrt{D^2 + R_s^2 - 2D \cdot R_s \cdot \cos(\lambda_1)}$     $r_1 := r_1(\lambda_1) = 51.529 \cdot \text{DU}$

From Law of Conservation of Energy and Momentum:    $E_0 := \text{Energy}(v_0, r_0)$     $E_0 = -0.011 \cdot \frac{\text{DU}^2}{\text{TU}^2}$     $h_1 := h_0$

$v_1(r_1) := \sqrt{2 \cdot \left( E_0 + \frac{\mu}{r_1} \right)}$     $v_1 := v_1(r_1) = 0.128 \cdot VU$     $x_{\text{m}} := 0.1296VU$     $\phi_1 := \arccos\left(\frac{h_1}{r_1 \cdot v_1}\right)$     $\phi_1 = 77.542 \cdot \text{deg}$

In order to calculate the **Time of Flight**, TOF, to the moon's SOI, we need to Find:

**p, a, e,  $E_0$  and  $E_1$  for the Geocentric Trajectory.**

$\frac{h_0^2}{\mu} = 2.075 \cdot \text{DU}$     $a := \frac{-\mu}{2 \cdot \text{Energy}(v_0, r_0)}$     $e := \sqrt{1 - \frac{p}{a}}$     $e = 0.977$     $v_1 := v(p, r_1, e)$     $v_1 = 2.956$

$\gamma_1 := \arcsin\left(\frac{R_s}{r_1} \sin(\lambda_1)\right) = 5.789 \cdot \text{deg}$     $a = 44.698 \cdot \text{DU}$    since:  $v_0 := 0$     $\text{EcA}_0 := 0$     $\text{EcA}_1 := \arccos\left(\frac{e + \cos(\nu_1)}{1 + e \cdot \cos(\nu_1)}\right)$

$\text{EcA}_1 = 1.728$     $\text{TOF} := \sqrt{\frac{a^3}{\mu} \cdot \left[ (\text{EcA}_1 - e \cdot \sin(\text{EcA}_1)) - (\text{EcA}_0 - e \cdot \sin(\text{EcA}_0)) \right]}$     $\text{TOF} = 51.132 \cdot \text{hr}$

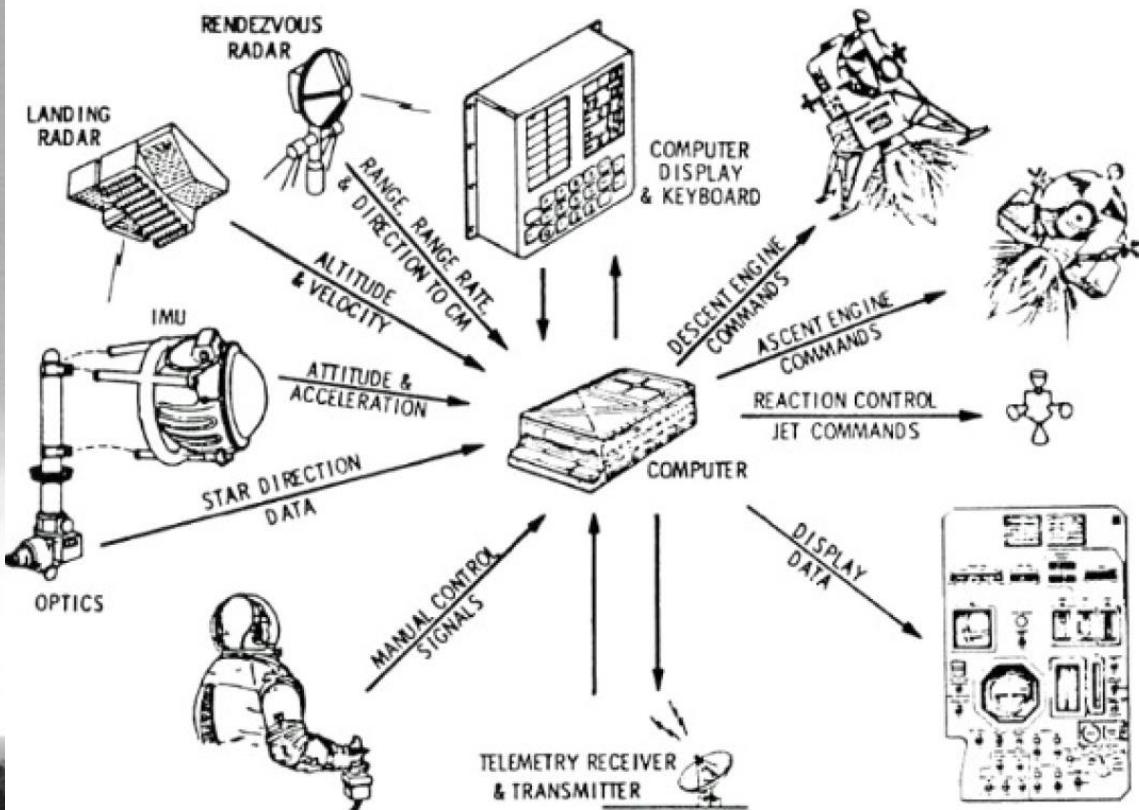
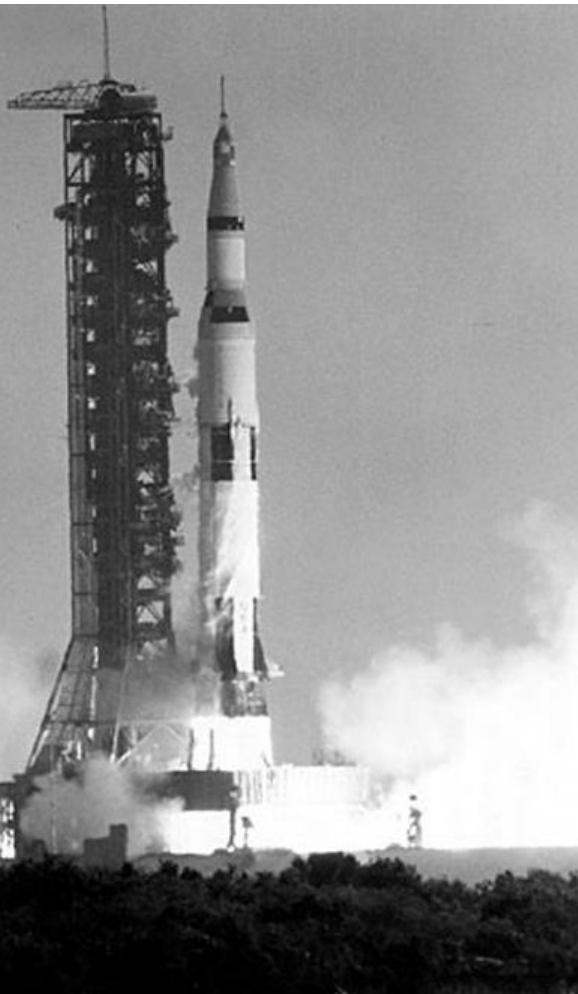
# Viagem de ida e volta à Lua (1969)

```
EcA(e, M, dp) := | mx_it ← 30
                    | i ← 0
                    | K ←  $\frac{\pi}{180}$ 
                    | del ←  $10^{-dp}$ 
                    | m ←  $\frac{M}{360}$ 
                    | m ←  $2 \cdot \pi(m - \text{floor}(m))$ 
                    | E ← m if e < 0.8
                    | E ←  $\pi$  otherwise
                    | F ← E - e · sin(m) - m
                    | while  $|F| > del \wedge i < mx\_it$ 
                            |   | E ← E -  $\frac{F}{1 - e \cdot \cos(E)}$ 
                            |   | F ← E - e · sin(E) - m
                            |   | i ← i + 1
                            |   | E ←  $\frac{E}{K}$ 
```

# Viagem de ida e volta à Lua (1969)



# Viagem de ida e volta à Lua (1969)



<http://www.vxphysics.com>: Analysis & Simulation of Apollo 11 Moon Flight



# Engenharia Computacional

**“O **novo** pilar da ciência básica”**

**“A ferramenta da engenharia **moderna**”**

Combina diferentes área de conhecimento:

Ciência da Computação

Matemática Aplicada

Métodos Numéricos

Inteligência Computacional

Visualização Científica

Modelagem Geométrica

The Third Pillar of Science  
Theory +  
+ Experiments +  
+ Computational Modeling

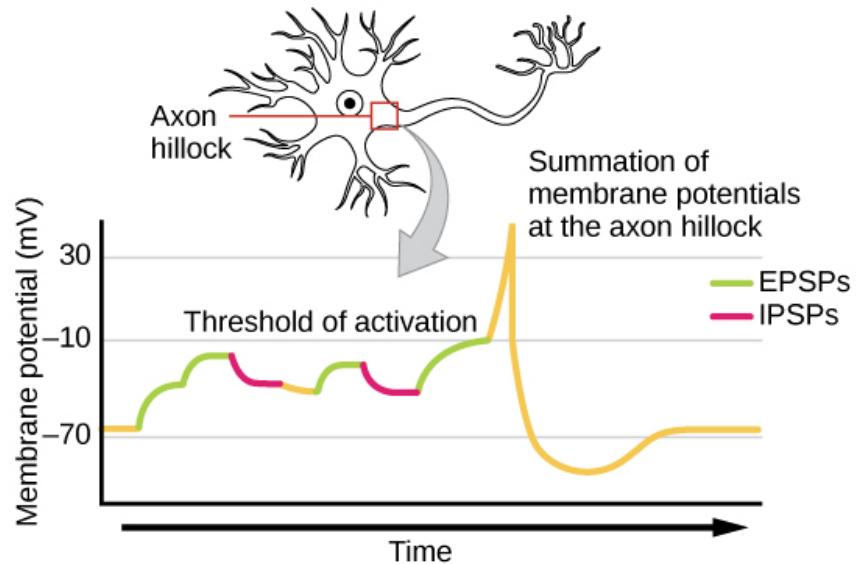
## Why should we use it?

- connect different tiles (experimental data) of the puzzle (phenomena)
- Allow cheap, fast and efficient evaluation of different scenarios
  - Engineering and basic sciences
  - History line: 1) Physics/Engineering –
  - 2) Biology/Medicine + Climate/Environmental
  - 3) Human/Social Science

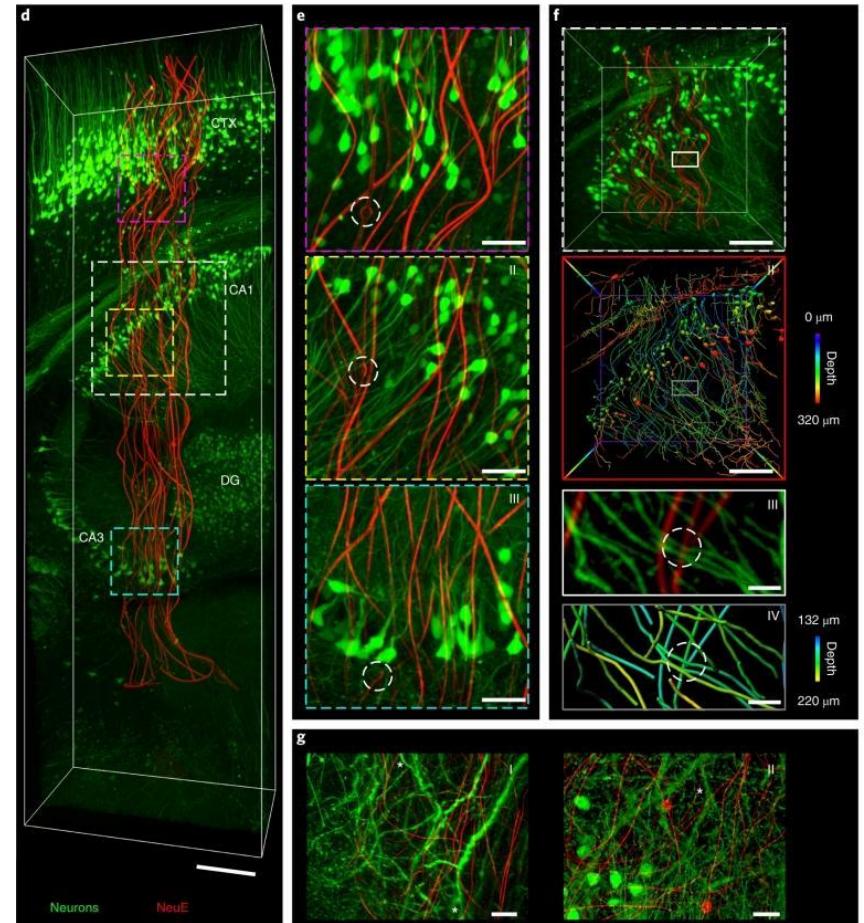


# Medicina: Hodgkin e Huxley

- Nobel de 1963
- Desenvolveram nova técnica (**Engenhoca**) para medir o potencial no interior de um neurônio, Voltage Clamp
- Propuseram um **modelo teórico matemático** para explicar o comportamento do neurônio
- Ajustaram os parâmetros do modelo aos dados experimentais e resolveram os sistemas de EDOs via **algoritmos iterativos** (**Mínimos quadrados** e método de Euler) com computador humano

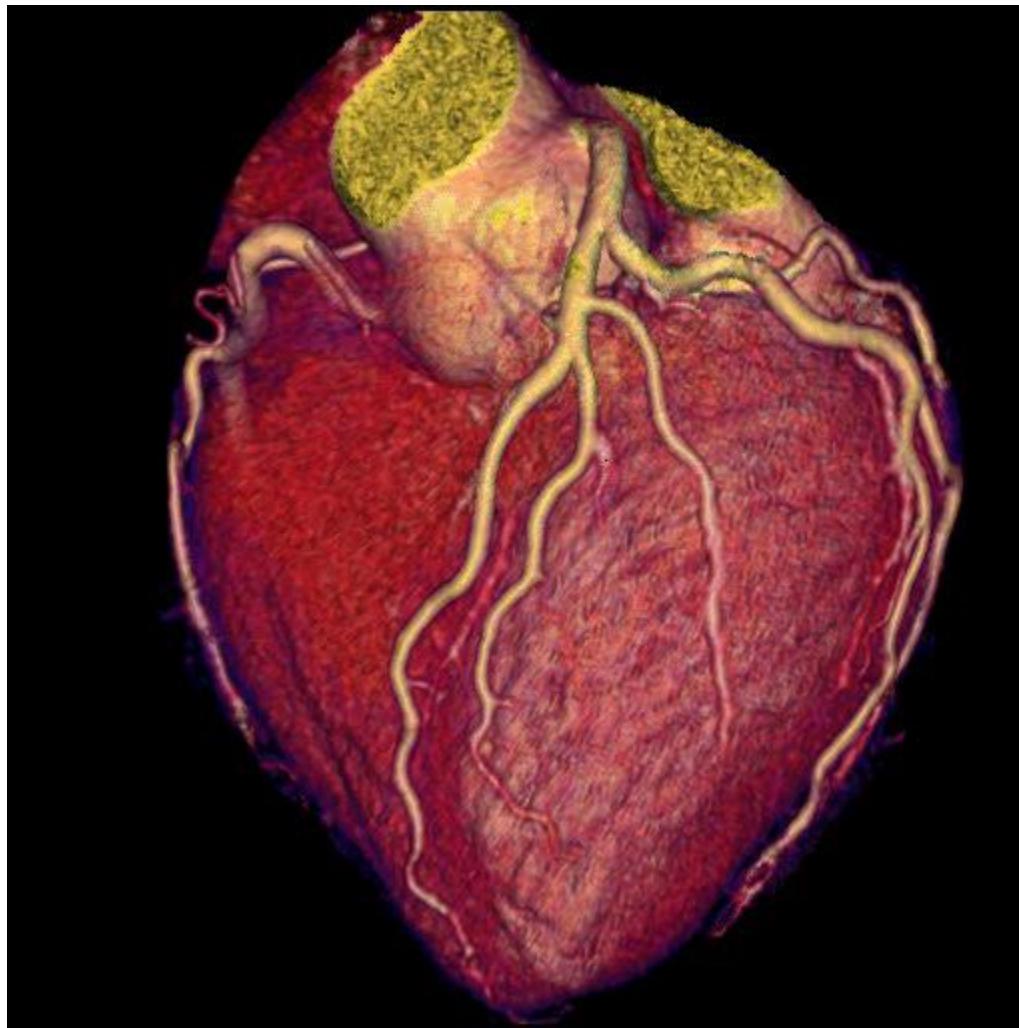


# Neurônios eletrônicos integram-se ao tecido cerebral

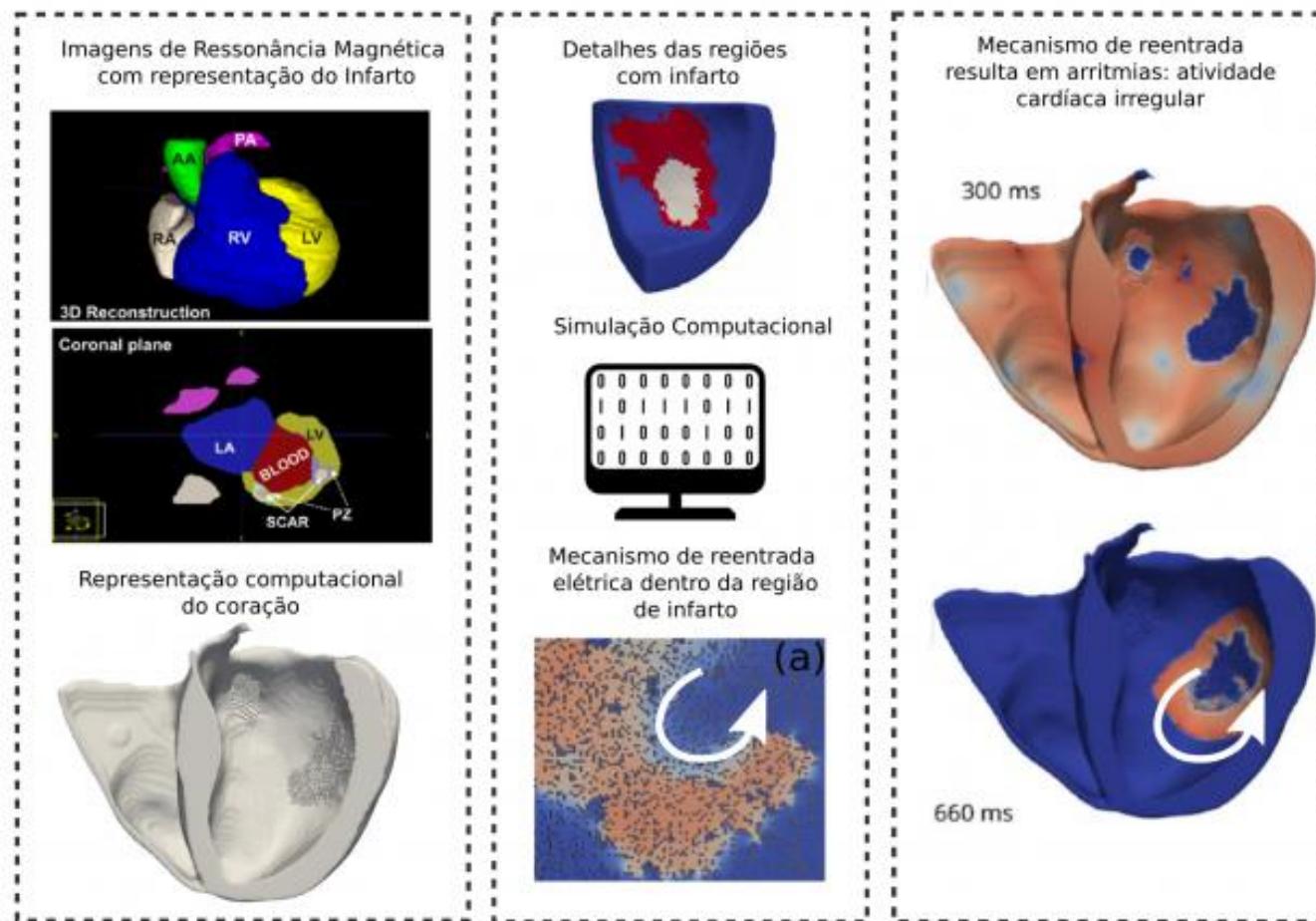


Bioinspired neuron-like  
electronics  
Nature Materials. 2019

# Engenharia Computacional

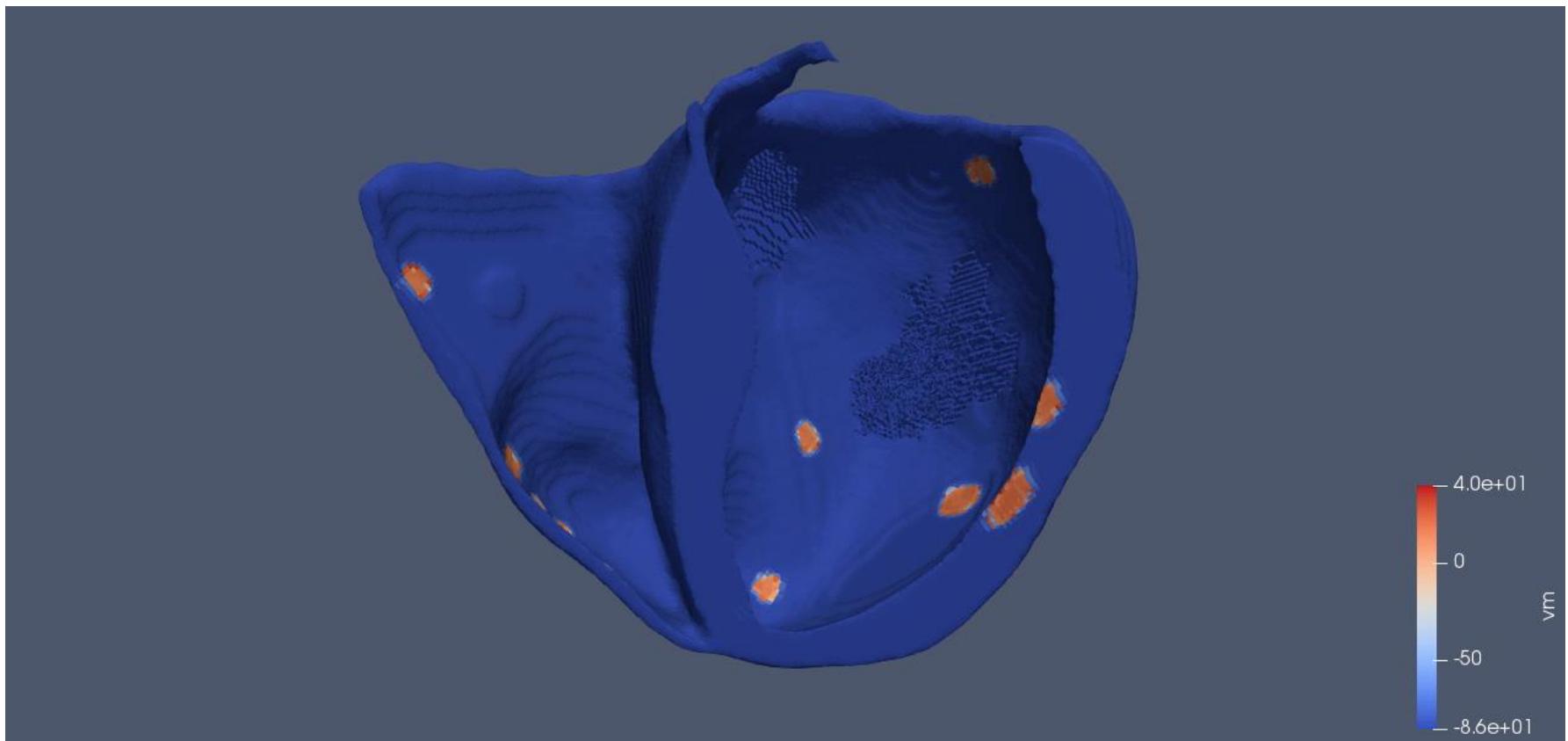


# Modelagem personalizada do coração



Ectopic beats arise from micro-reentries near infarct regions in simulations of a patient-specific heart model. Sci Rep. Nature (2018)

# Modelagem personalizada do coração

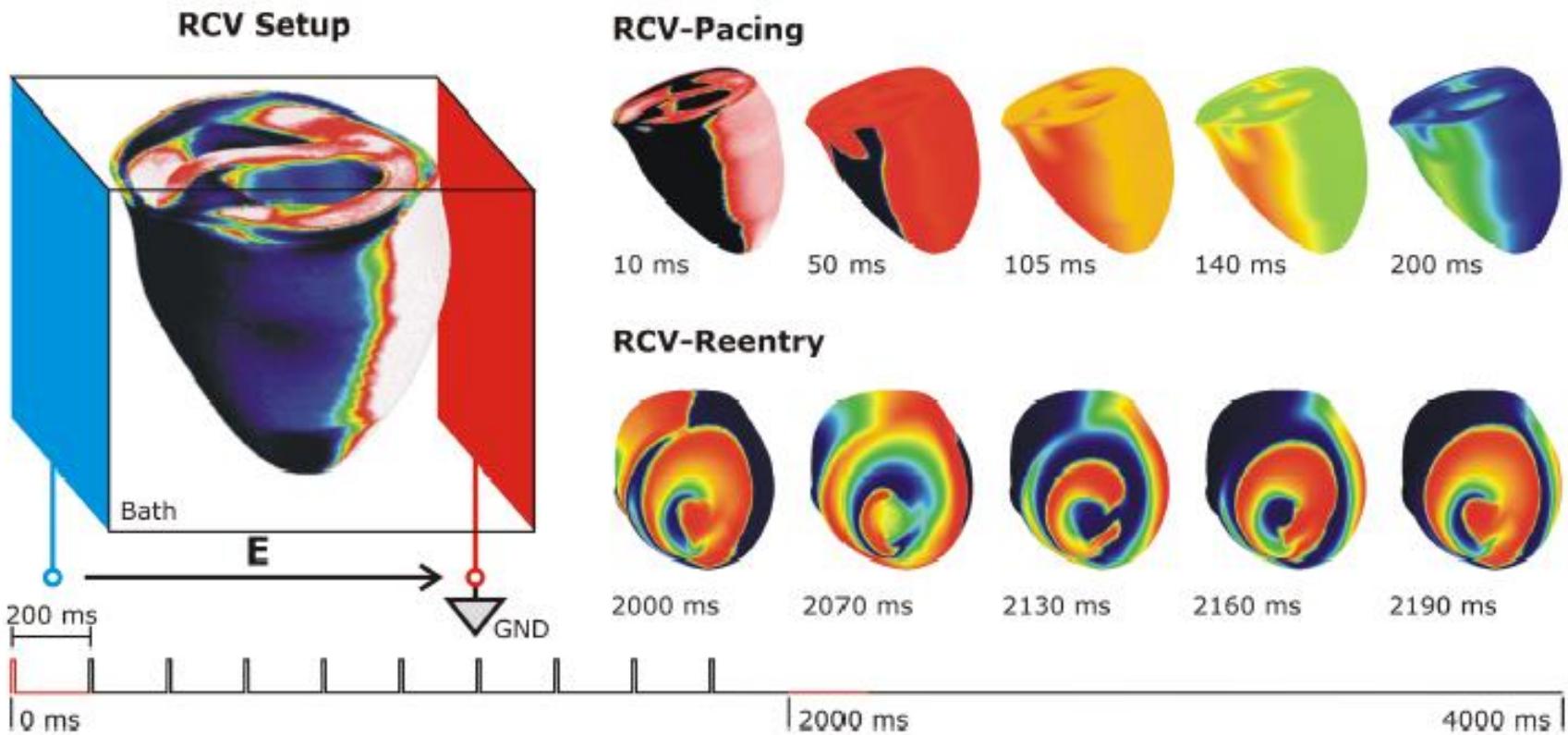


Ectopic beats arise from micro-reentries near infarct regions in simulations of a patient-specific heart model. Sci Rep. Nature (2018)

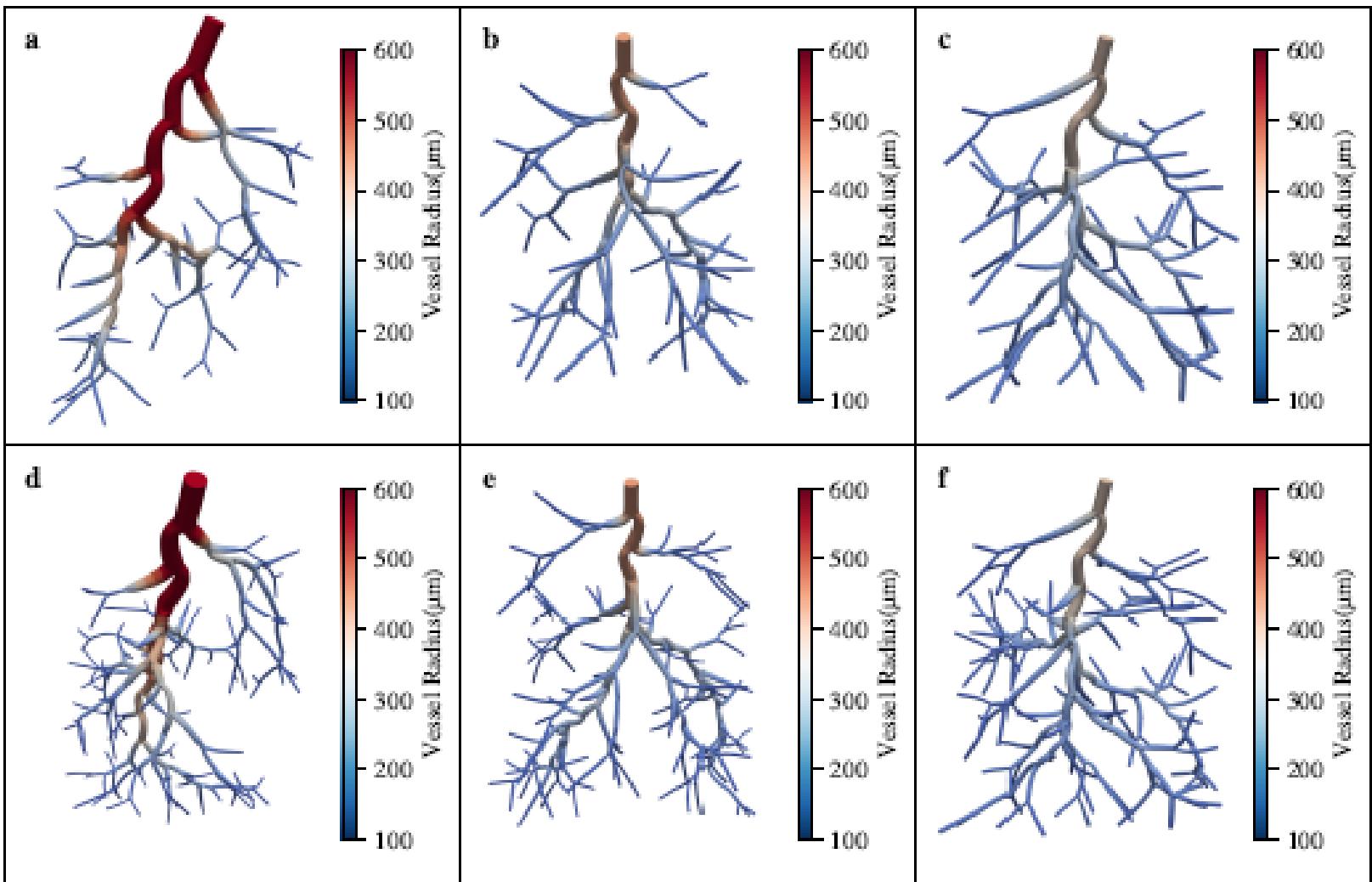
# Desfibriladores

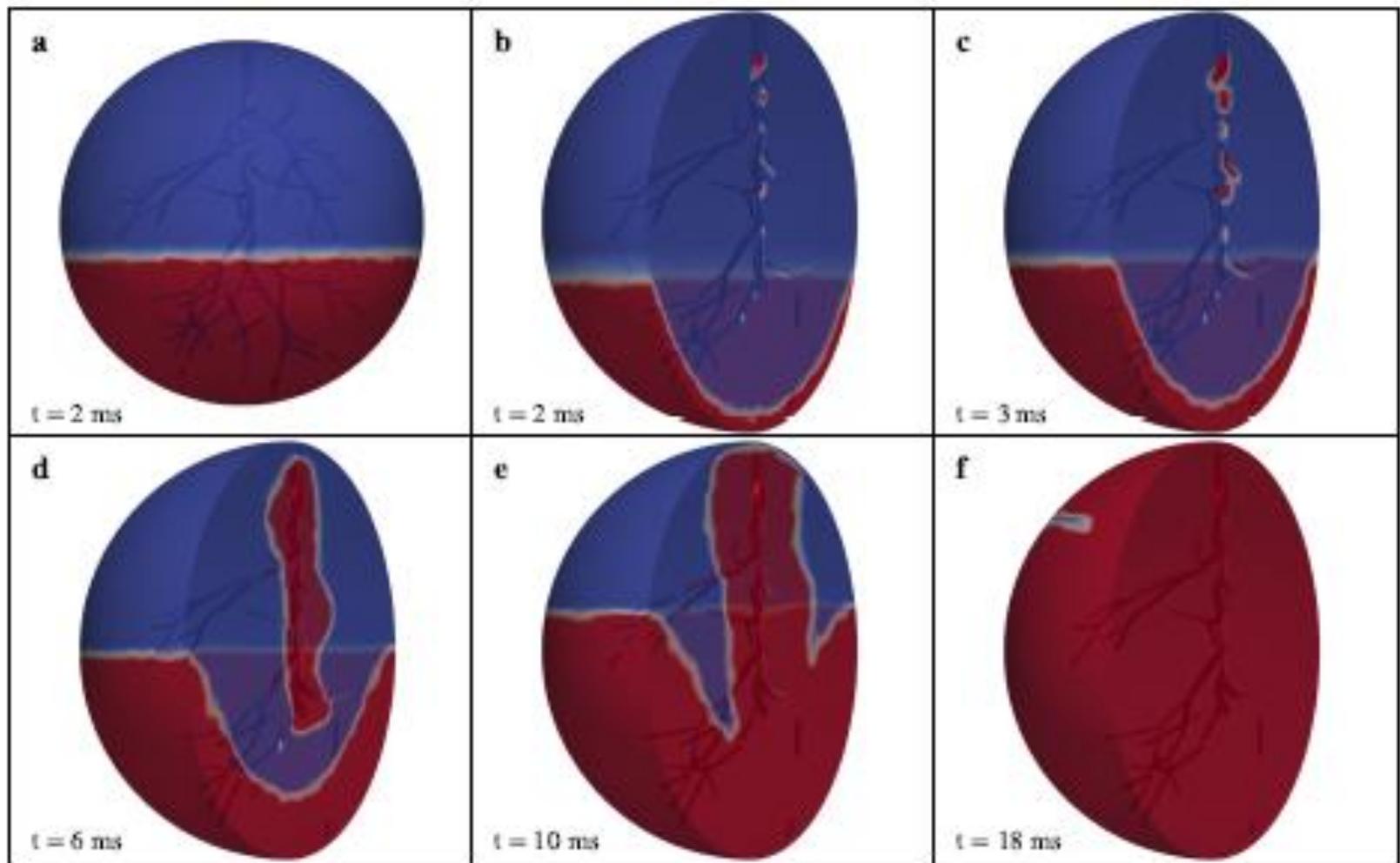


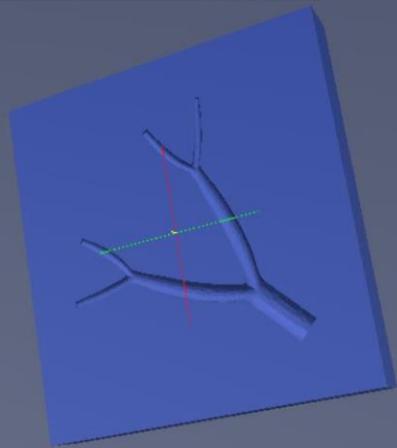
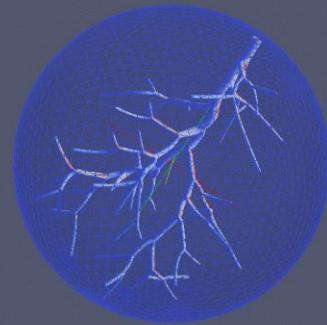
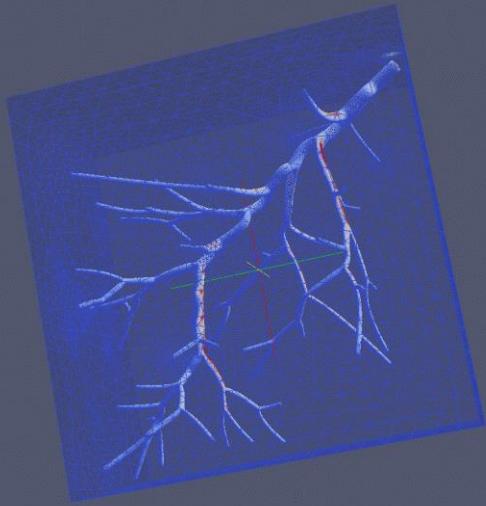
# Desfibrilação



Plank, G, Liebmann, M, Weber dos Santos, R, Vigmond, E.J. and Haase, G,  
Algebraic Multigrid Preconditioner for the Cardiac Bidomain Model, IEEE Trans  
Biomed Eng, V. 54, P. 585-96, 2007







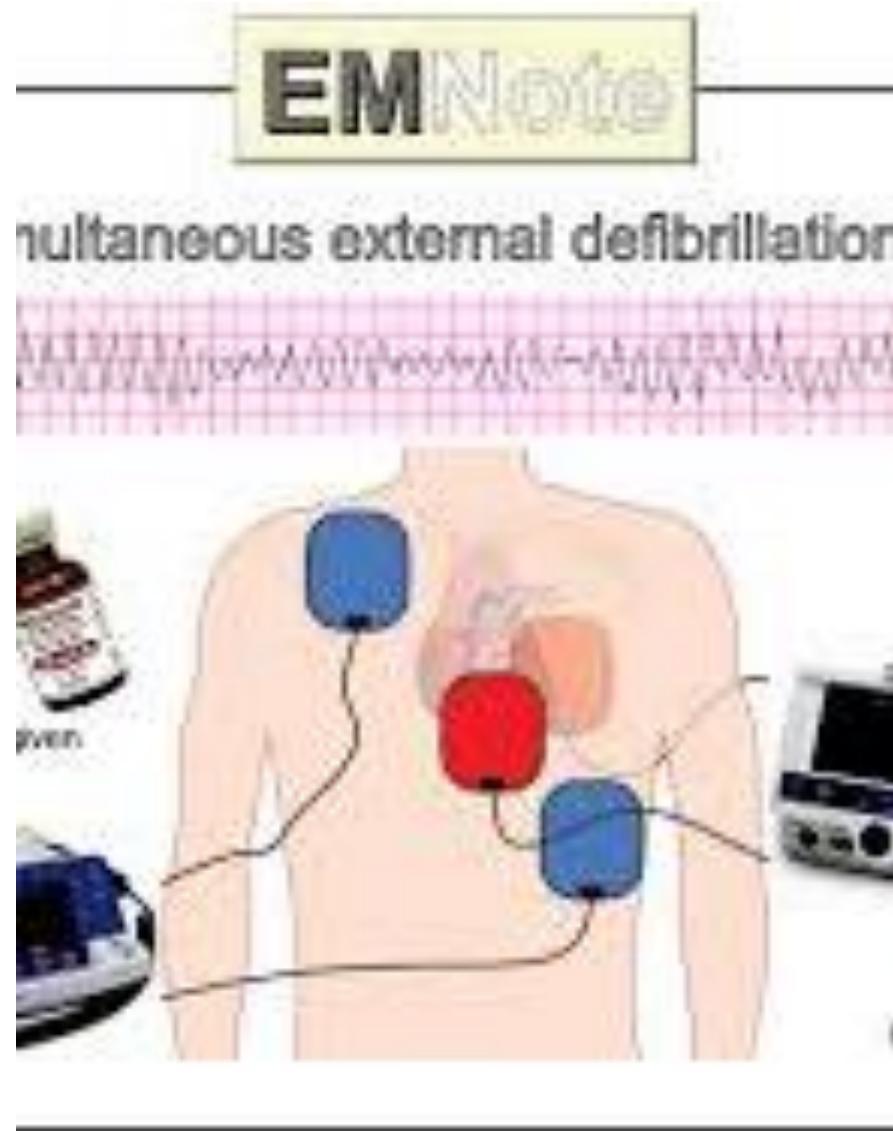
25/06/2021

# Multi-Vector Low-Energy Defibrillation Shocks: Influence of Borders and Arterial Trees on the Synchronous Depolarization of Myocardium

---

## Double external defibrillation (DED)

- “One possible theory behind DED suggests that application of multiple defibrillator pads increases the number of vectors the electrical current can use to reach the myocardium.”



# Modelagem Computacional

## Modelo Empírico vs Mecanicista

- Empírico: As informações são extraídas e os modelos gerados através de correlações ou inferências lógicas sobre as relações das diversas variáveis do sistema
- Estatística, Mineração de Dados, Inteligencia Computacional

# Modelagem Computacional

## Modelo Mecanicista

-Sinônimos: modelo baseado em processos, modelo explanatório, modelo descritivo

Os modelos são gerados através de leis físicas dos processos e estruturas individuais que compoem o sistema.

- Relações vs Descrição

# Modelagem Computacional

Modelo Discreto vs Contínuo

Modelo Determinista vs Estocástivo

Diferentes Linguagens

73<sup>A</sup> REUNIÃO ANUAL DA SBPC  
• 18 a 24 de julho de 2021 •

[www.fisiocomp.ufjf.br](http://www.fisiocomp.ufjf.br)

# Modelagem Computacional

Modelo Discreto vs Contínuo

Modelo Determinista vs Estocástivo

# Modelagem Computacional

Fala/Escrita (Filosofia)

Desenhos/Diagramas (Biologia- Darwin (1800), Dupla helice (1950) )

Matemática (Newton (1800).....

Algoritmos (Turing (1940).....

## Modelos Híbridos

73<sup>A</sup> REUNIÃO ANUAL DA SBPC

• 18 a 24 de julho de 2021 •



# Modelagem Populacional via Agentes

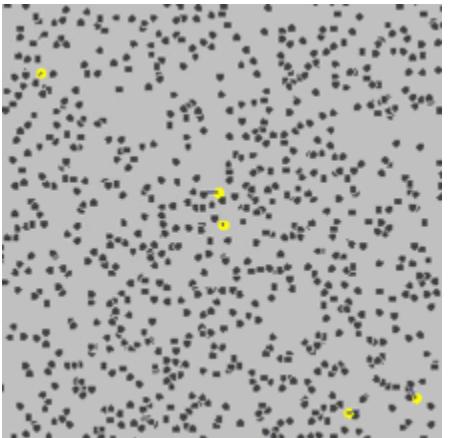
## Discreto, Estocástico, Algoritmos

Loop (  $i = \text{indivíduo}$  )

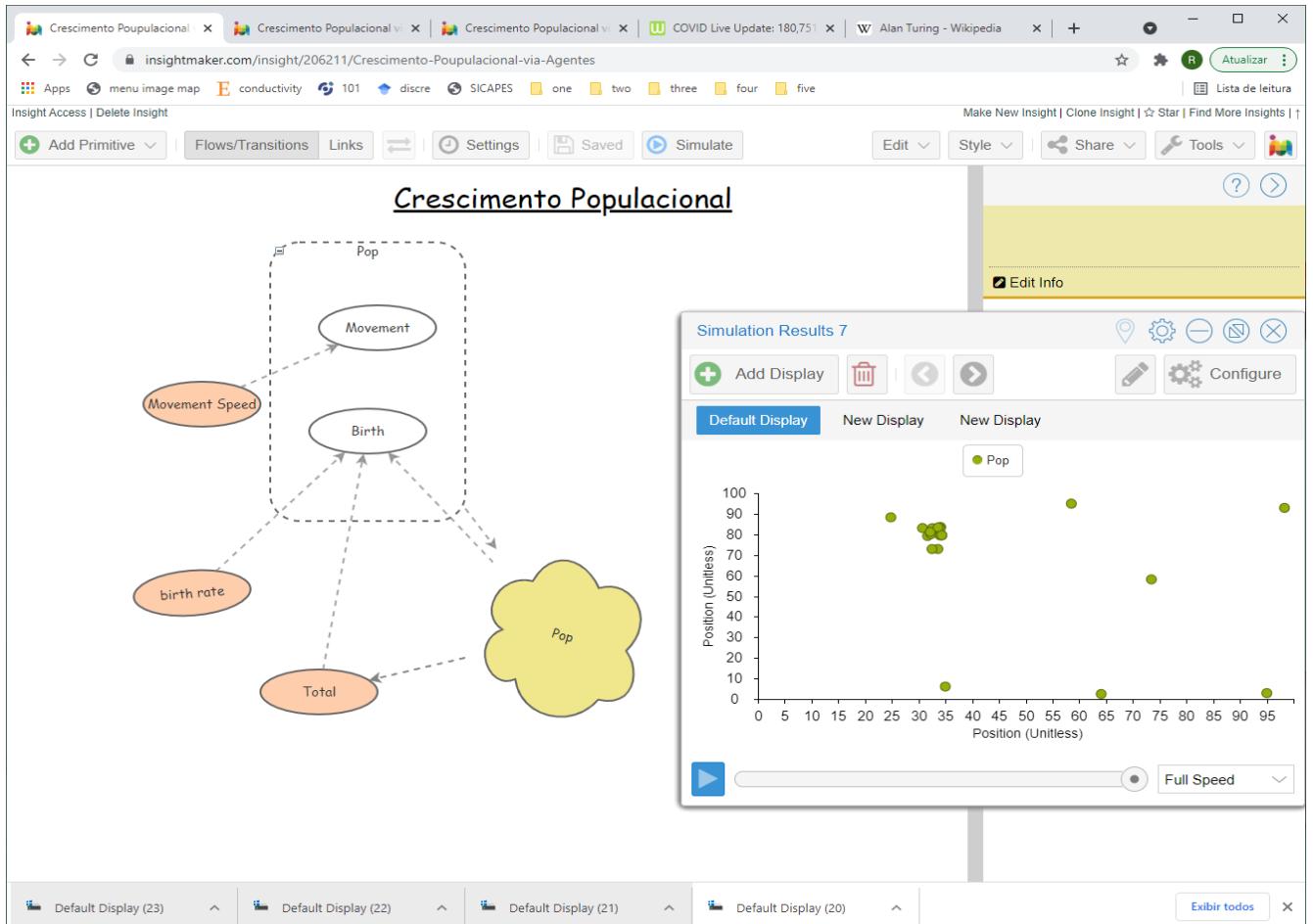
Movimentar( $i$ )

Se  $i$  está próximo de outro indivíduo  $j$

Gera-se um novo indivíduo  $k$

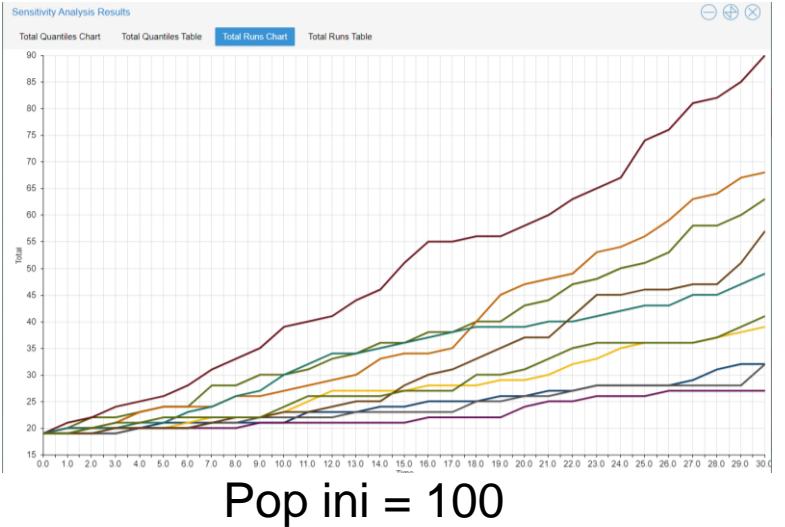


# Modelagem Populacional via Agentes Insight Maker

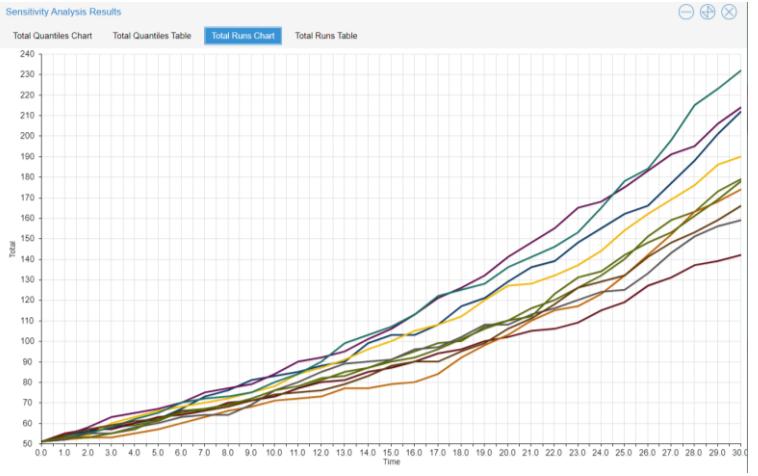


# Modelagem Populacional via Agentes Insight Maker

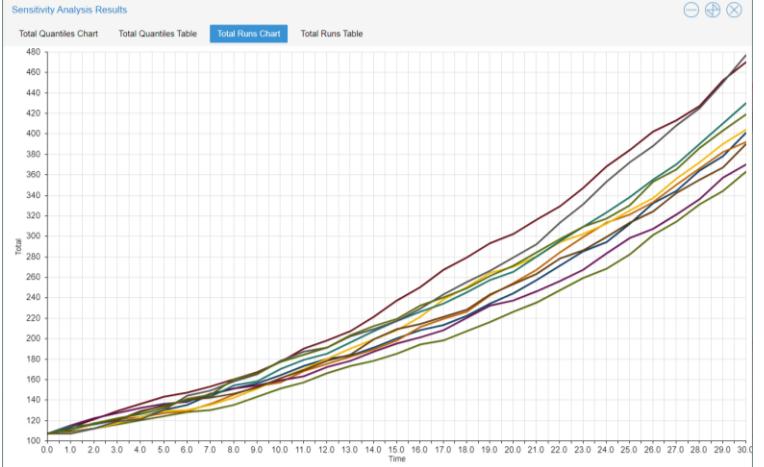
Pop ini = 20



Pop ini = 50



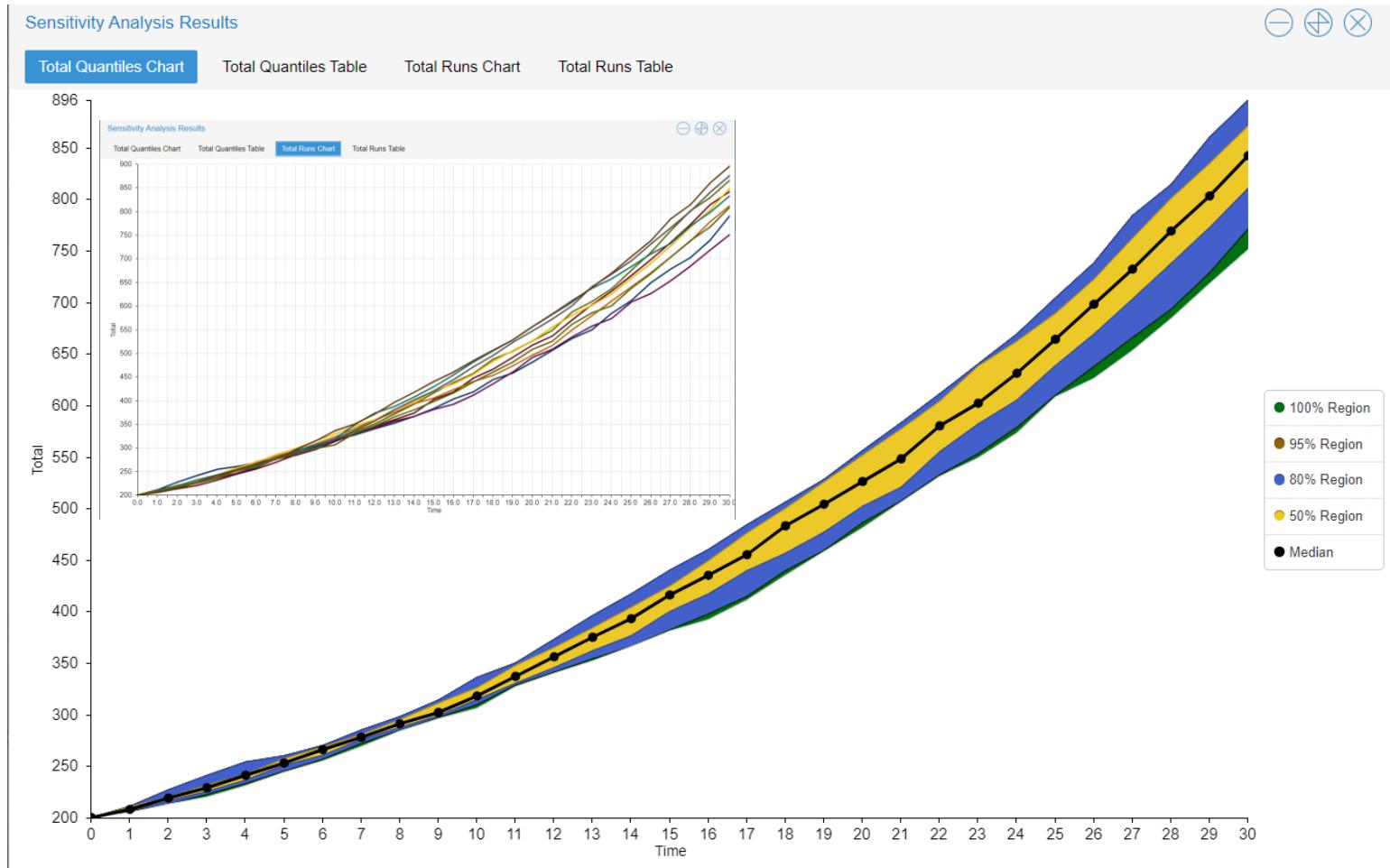
Pop ini = 100



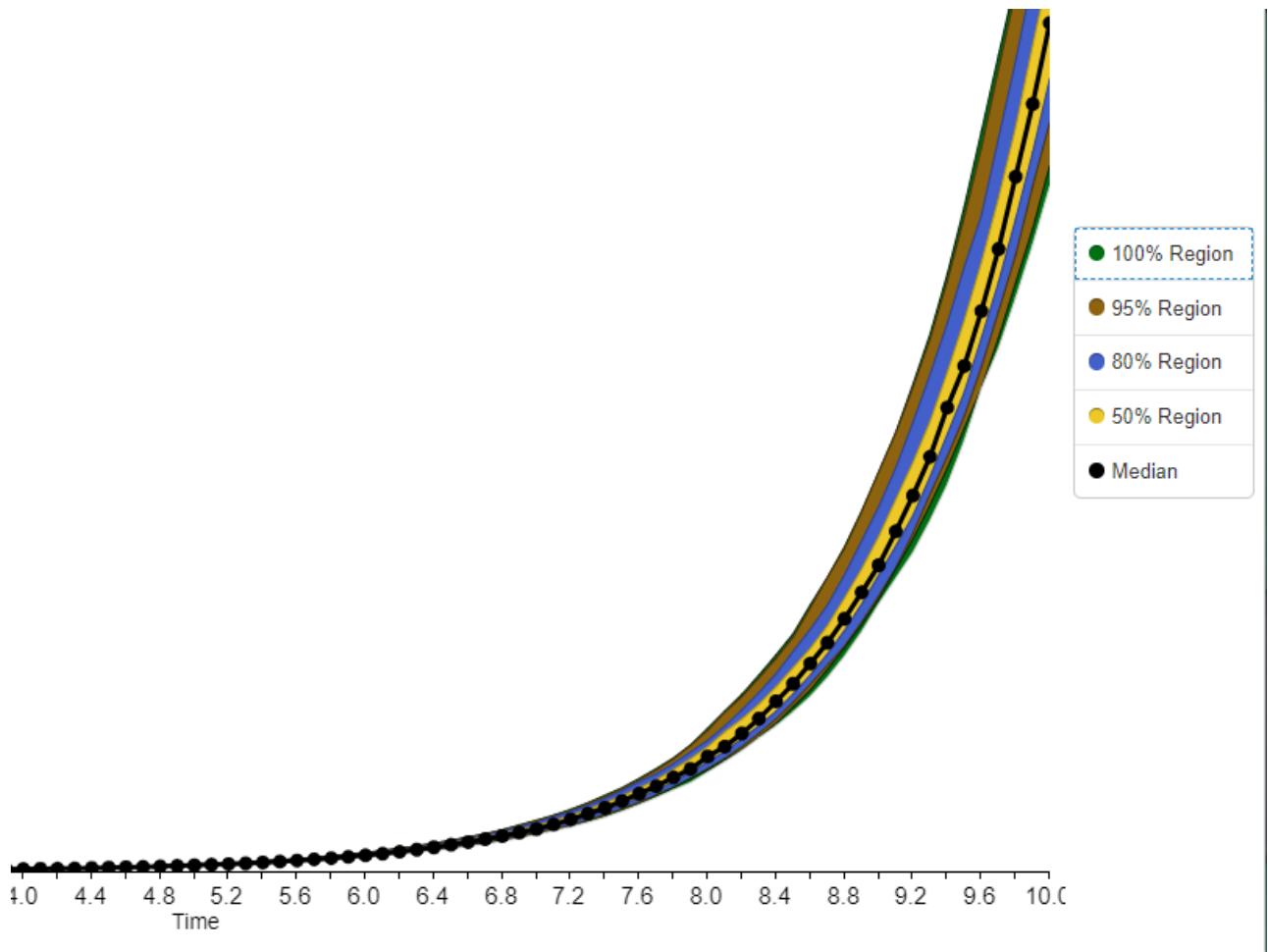
73<sup>A</sup> REUNIÃO ANUAL DA **SBPC**  
• 18 a 24 de **julho** de 2021 •

# Modelagem Populacional via Agentes

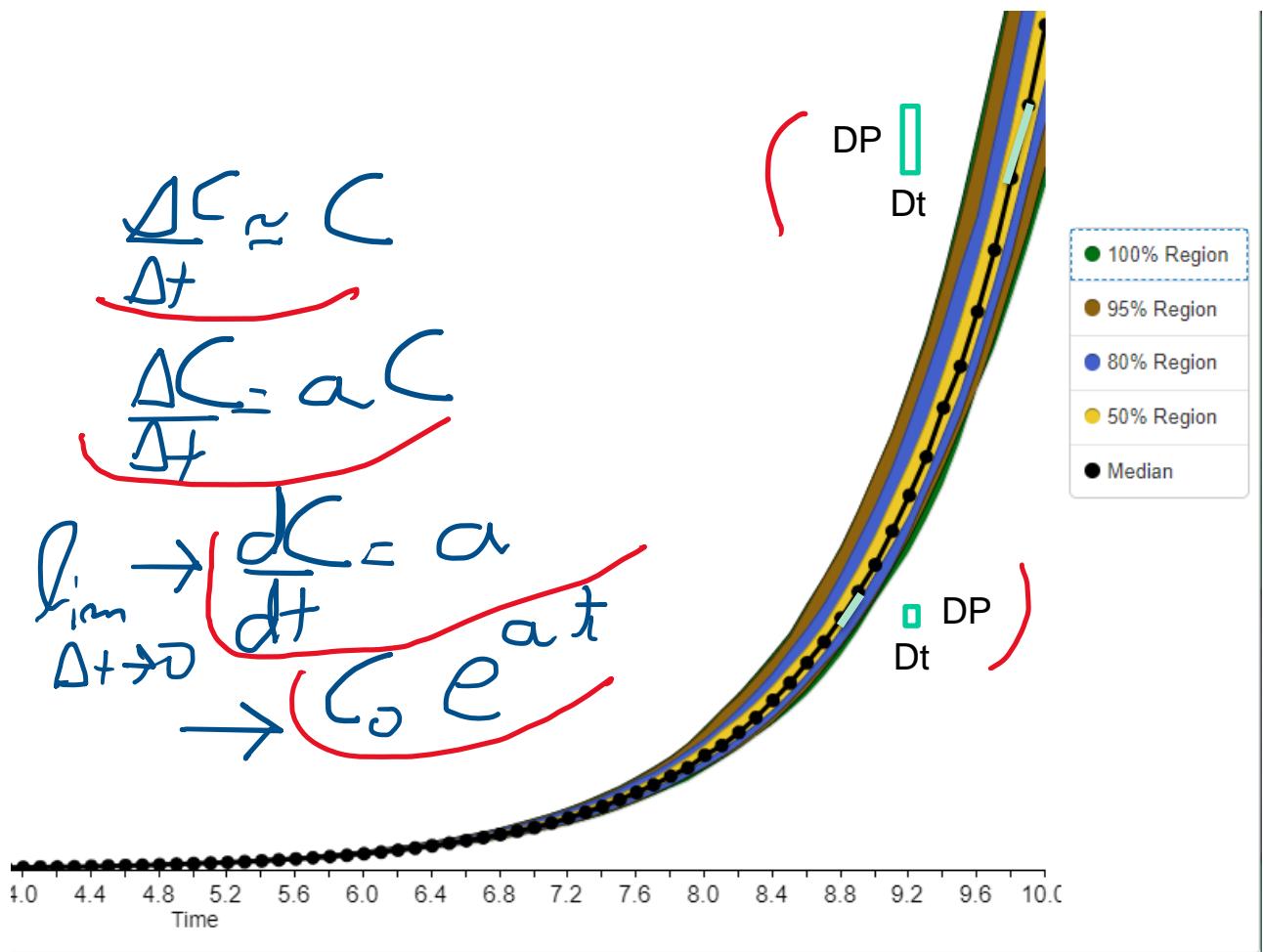
Pop ini = 200



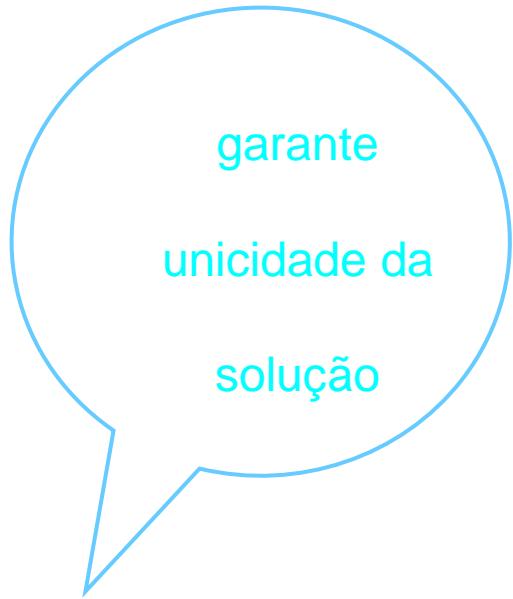
# Modelagem Populacional



# Modelagem Populacional



$$\frac{dC}{dt} = mC - mC$$



$C = C_0$  quando  $t = 0$

$$C|_{t=0} = C_0 \quad \Rightarrow$$

$$\frac{dC}{dt} = r C$$

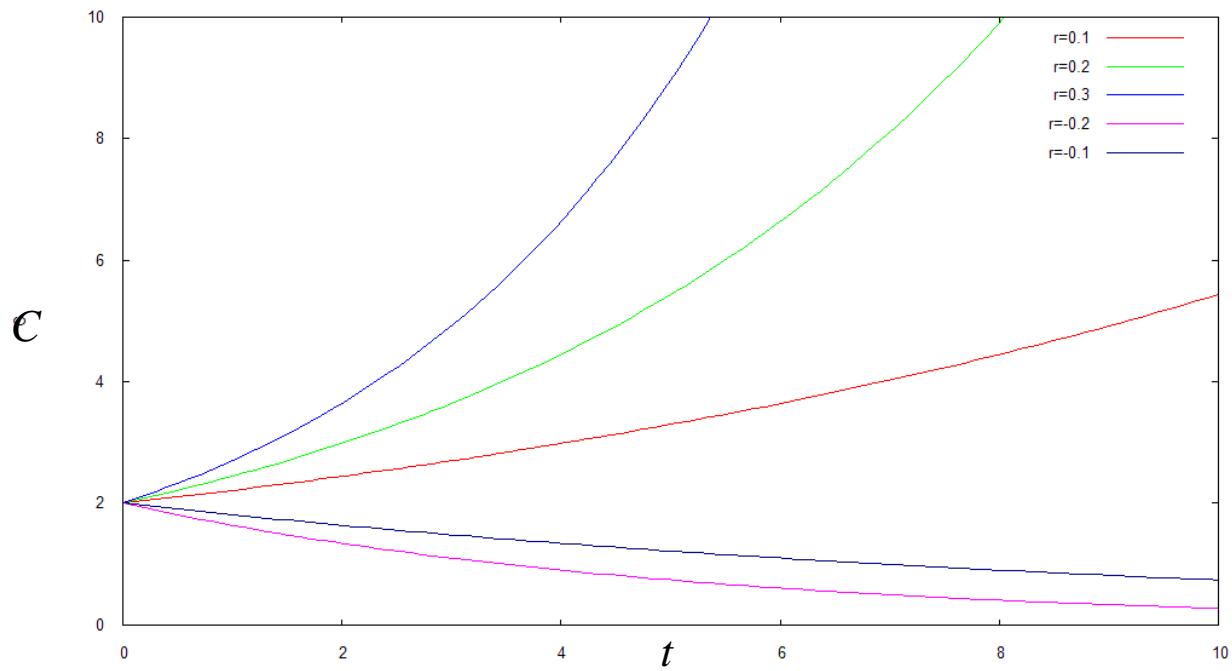
$r = m - m$

Coeficiente de crescimento

**taxa de natalidade**  
-  
**taxa de mortalidade**

$$\underline{C(t) = C_0 e^{rt}}$$

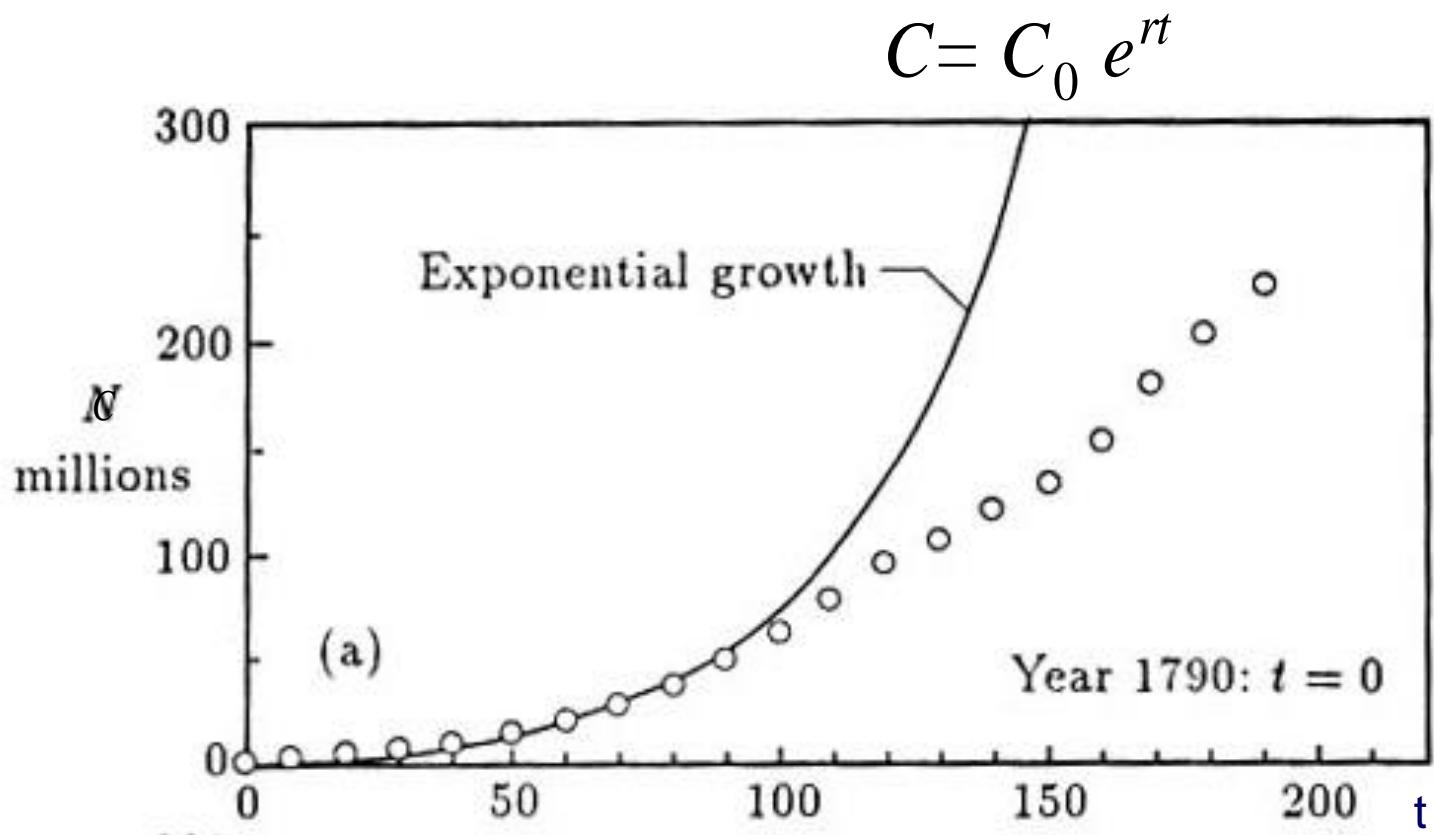
$$C = C_0 e^{rt} = C_0 \exp[r t]$$



## Exemplo: crescimento da população dos EU

| Ano  | t<br>anos | C<br>milhões | Ano  | t<br>anos | C<br>milhões |
|------|-----------|--------------|------|-----------|--------------|
| 1790 | 0         | 3929         | 1890 | 100       | 62980        |
| 1800 | 10        | 5308         | 1900 | 110       | 76212        |
| 1810 | 20        | 7240         | 1910 | 120       | 92228        |
| 1820 | 30        | 9638         | 1920 | 130       | 106021       |
| 1820 | 40        | 12861        | 1930 | 140       | 123203       |
| 1840 | 50        | 17064        | 1940 | 150       | 132165       |
| 1850 | 60        | 23192        | 1950 | 160       | 151326       |
| 1860 | 70        | 31443        | 1960 | 170       | 179323       |
| 1870 | 80        | 38558        | 1970 | 180       | 203302       |
| 1880 | 90        | 50189        | 1980 | 190       | 226546       |

## Exemplo: crescimento da população dos EU



Hipótese: recursos ilimitados

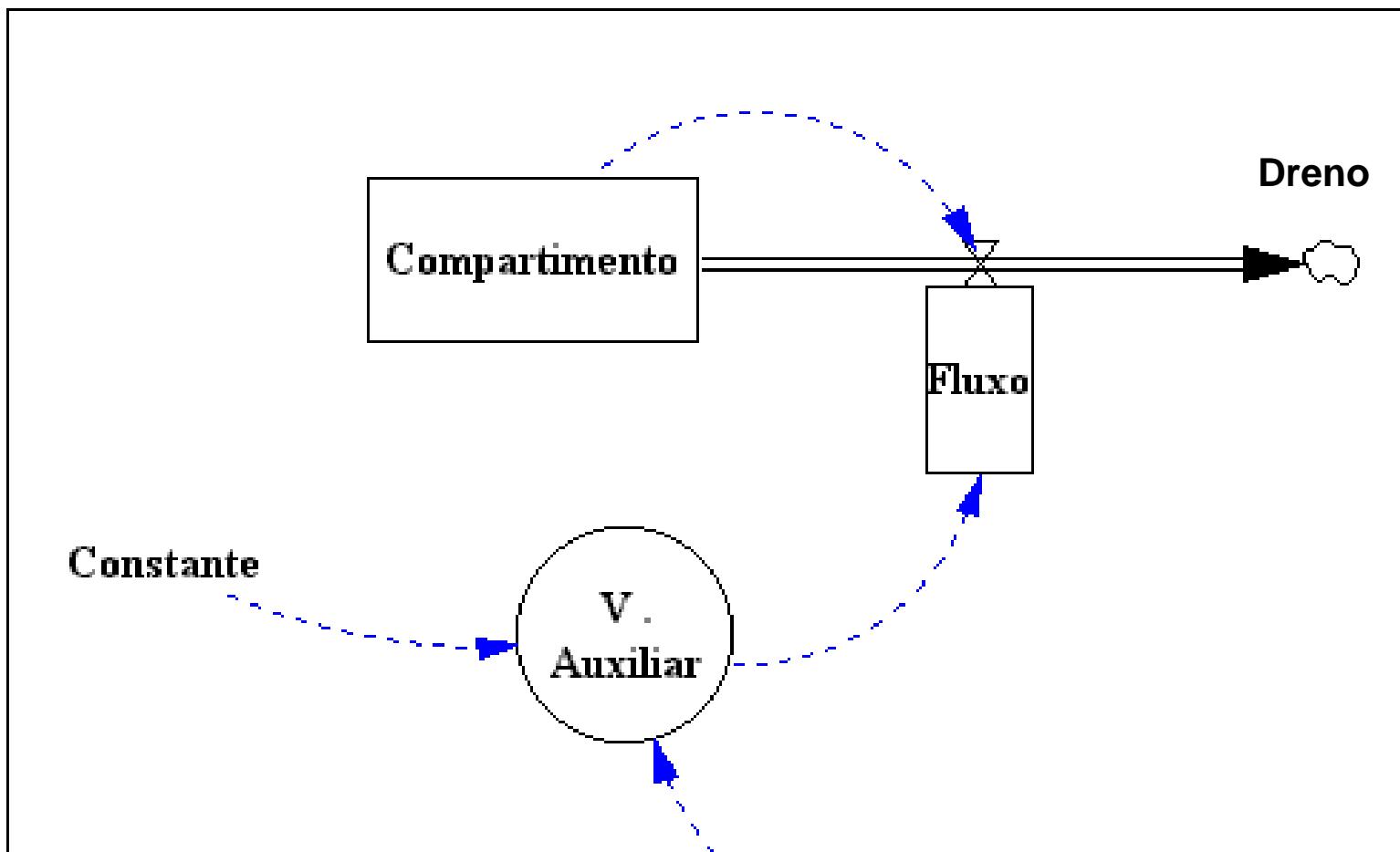
$$\frac{dC}{dt} = \textcolor{blue}{+} \textcolor{red}{F} - \textcolor{red}{L}$$

$$\frac{dC}{dt} = f(C)$$

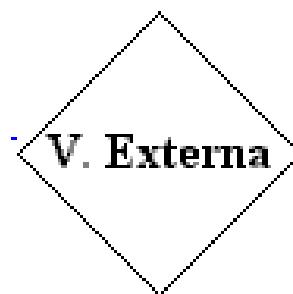
$$C(0) = C_0$$

# Símbolos (Forrester)

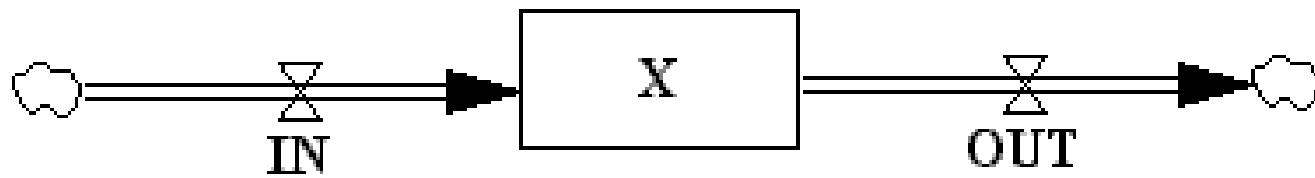
Fronteiras Sistema



DINÂMICA DE  
SISTEMAS



# EQUAÇÃO BÁSICA

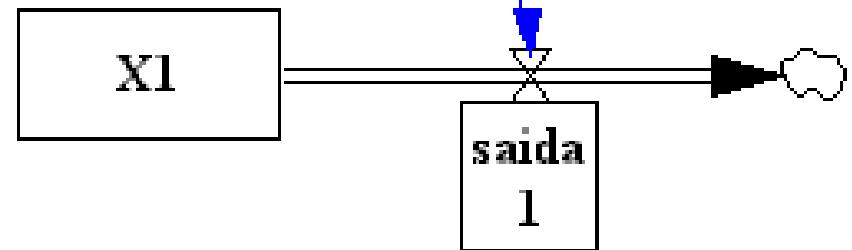


$$X(t+dt) = x(t) + dt * (IN - OUT)$$

$$\frac{dX}{dt} \approx \frac{X(t+dt) - X(t)}{dt} = \underline{IN - OUT}$$

# Taxas e fluxos

fluxo de saída

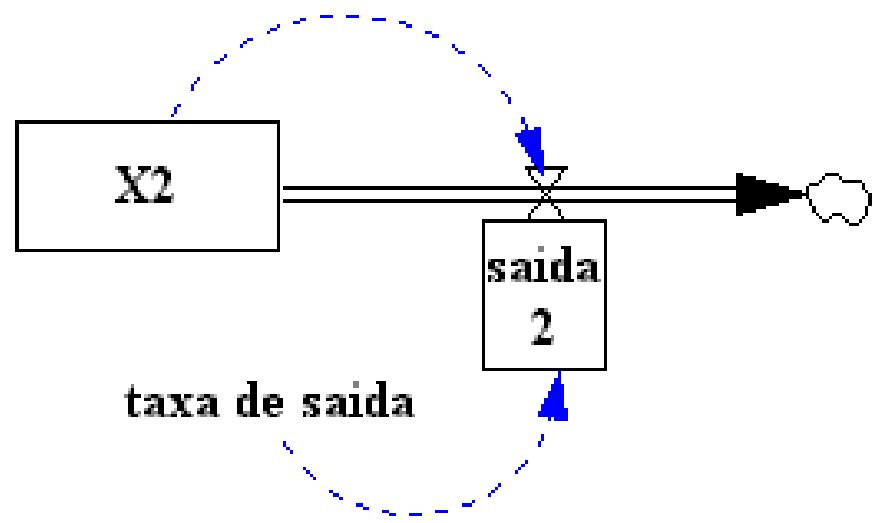


$$X1(t+dt) = X1(t) - dt * (\text{fluxo de saída})$$

X2

saída  
2

taxa de saída



$$X2(t+dt) = X2(t) - dt * (\text{taxa de saída} * X2(t))$$

# Modelagem Populacional via Equações Diferenciais Ordinárias no Insight Maker

- **Problema direto:**
  - EDO
  - EDO com parâmetros estocásticos
  - Quantificação de Incerteza para frente
- **Problema Inverso:**
  - Calibração do Modelo
  - Estimativa de parâmetros
  - Quantificação de Incerteza Inversa
  - Identificabilidade



73<sup>A</sup> REUNIÃO ANUAL DA SBPC

• 18 a 24 de julho de 2021 •

# Pandemia Covid-19

Por que estamos em crise?

Mortes por doenças cardiovasculares  
por ano:

**18 milhões**

População Mundial:

8 bilhões

Imunidade de Rebanho:

50% de 8 bilhões = 4 bilhões

Taxa de fatalidade Covid-19:

1.5%

Potencial letal da pandemia:

1.5% de 4 bilhões = **60 milhões**

Mortes notificadas até hoje = **4 milhões**

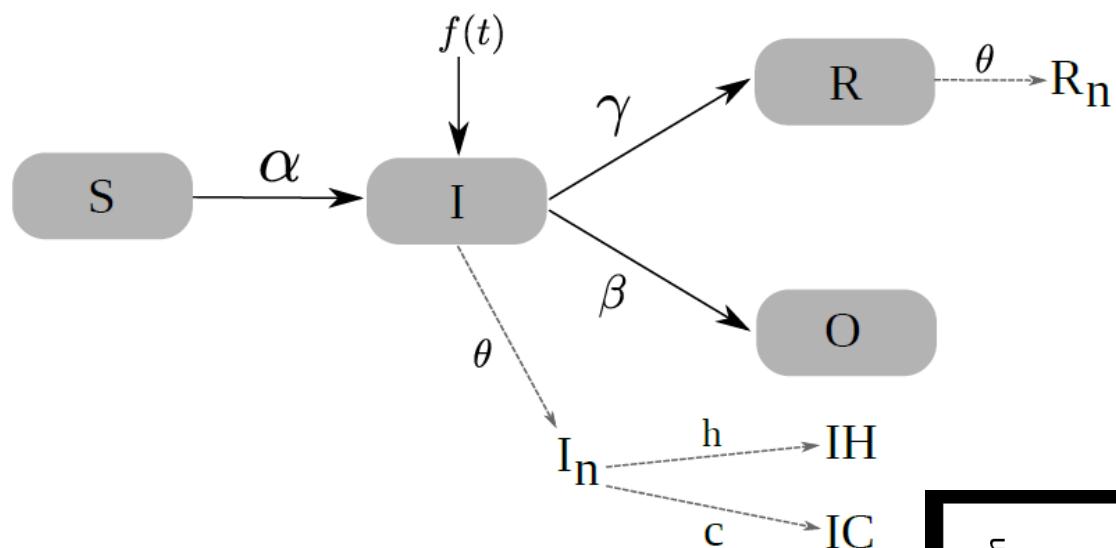
# Pandemia Covid-19

Como enfrentar a pandemia:  
reduzir a

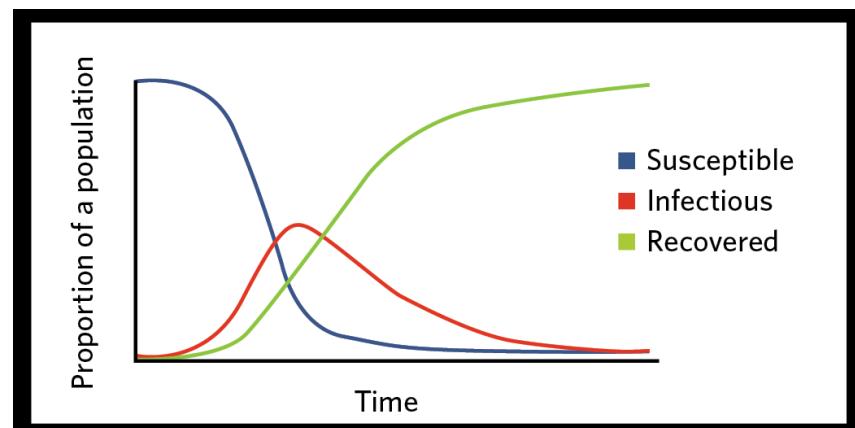
**probabilidade de contato  
e a probabilidade de contágio**

+ vacinação

# Modelo clássico para epidemia SIRD



S: Suscetíveis  
I: Infectados  
R: Recuperados  
O: Óbitos  
 $I_n$ : Infectados (notificados)  
 $IH$ : Infectados em Leito Enfermaria  
 $IC$ : Infectados em Leito UTI



# Modelo clássico para epidemia SIRD

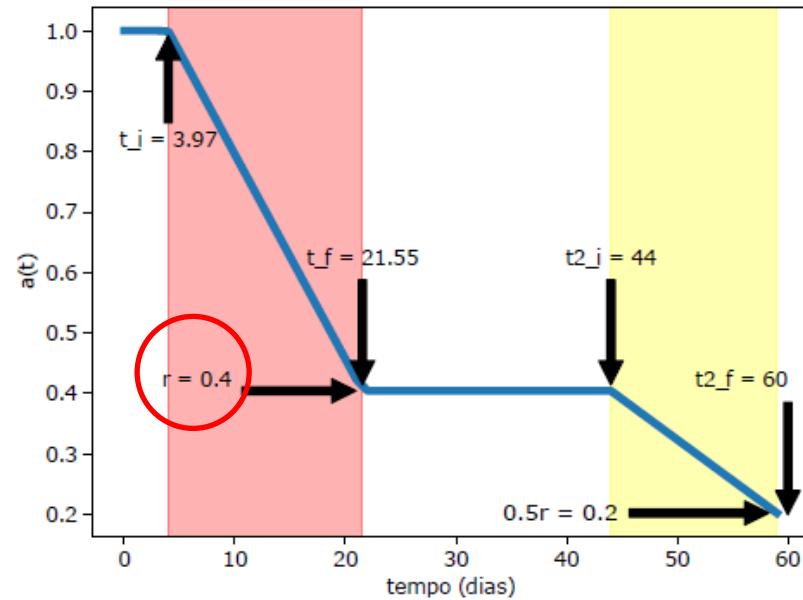
$$\frac{dS}{dt} = -\frac{\alpha(t)}{N} SI,$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\alpha(t)}{N} SI + f(t) - \beta I - \gamma I,$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I,$$

$$\frac{dO}{dt} = \beta I,$$

$$I_n = \theta I,$$



**Ruy Freitas Reis<sup>1</sup>, Bárbara de Melo Quintela<sup>1,2</sup>, Joventino de Oliveira Campos<sup>3,4</sup>, Johnny Moreira Gomes<sup>3</sup>,  
Lara Turetta Pompei<sup>5</sup>, Bernardo Martins Rocha<sup>1,3</sup>, Marcelo Lobosco<sup>1,3</sup>, Rodrigo Weber dos Santos<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Ciência da Computação, Universidade Federal de Juiz de Fora

<sup>2</sup> Department of Industrial Engineering, Alma Mater Studiorum - University of Bologna (IT)

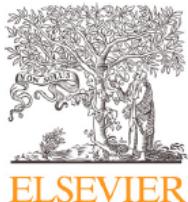
<sup>3</sup> Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional, Universidade Federal de Juiz de Fora

<sup>4</sup> Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas de Gerais, Leopoldina

<sup>5</sup> Graduanda em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Juiz de Fora

ruyfreitas@ice.ufjf.br, barbara@ice.ufjf.br, joventino@cefetmg.br,  
johnny.gomes@ufjf.edu.br, pompei.lara@engenharia.ufjf.br, bernardomartinsrocha@ice.ufjf.br,  
marcelo.lobosco@ice.ufjf.br, rodrigo.weber@ufjf.edu.br

30 de Março de 2020



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

## Chaos, Solitons and Fractals

Nonlinear Science, and Nonequilibrium and Complex Phenomena

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/chaos](http://www.elsevier.com/locate/chaos)



# Characterization of the COVID-19 pandemic and the impact of uncertainties, mitigation strategies, and underreporting of cases in South Korea, Italy, and Brazil



Ruy Freitas Reis<sup>a</sup>, Bárbara de Melo Quintela<sup>a,b</sup>, Joventino de Oliveira Campos<sup>d</sup>,  
Johnny Moreira Gomes<sup>c</sup>, Bernardo Martins Rocha<sup>a,c</sup>, Marcelo Lobosco<sup>a,c</sup>, Rodrigo Weber  
dos Santos<sup>a,c,\*</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Ciéncia da Computaçao, Universidade Federal de Juiz de Fora, Brazil

<sup>b</sup> Department of Industrial Engineering, Alma Mater Studiorum - University of Bologna, Italy

<sup>c</sup> Pós-Graduaçao em Modelagem Computacional, Universidade Federal de Juiz de Fora, Brazil

<sup>d</sup> Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Leopoldina, Brazil

---

### ARTICLE INFO

*Article history:*

Received 11 April 2020

Revised 6 May 2020

Accepted 10 May 2020

Available online 14 May 2020

---

### ABSTRACT

By April 7th, 2020, the Coronavirus disease 2019 (COVID-19) has infected one and a half million people worldwide, accounting for over 80 thousand of deaths in 209 countries and territories around the world. The new and fast dynamics of the pandemic are challenging the health systems of different countries. In the absence of vaccines or effective treatments, mitigation policies, such as social isolation and lock-down of cities have been adopted but the results vary among different countries. Some countries were able to

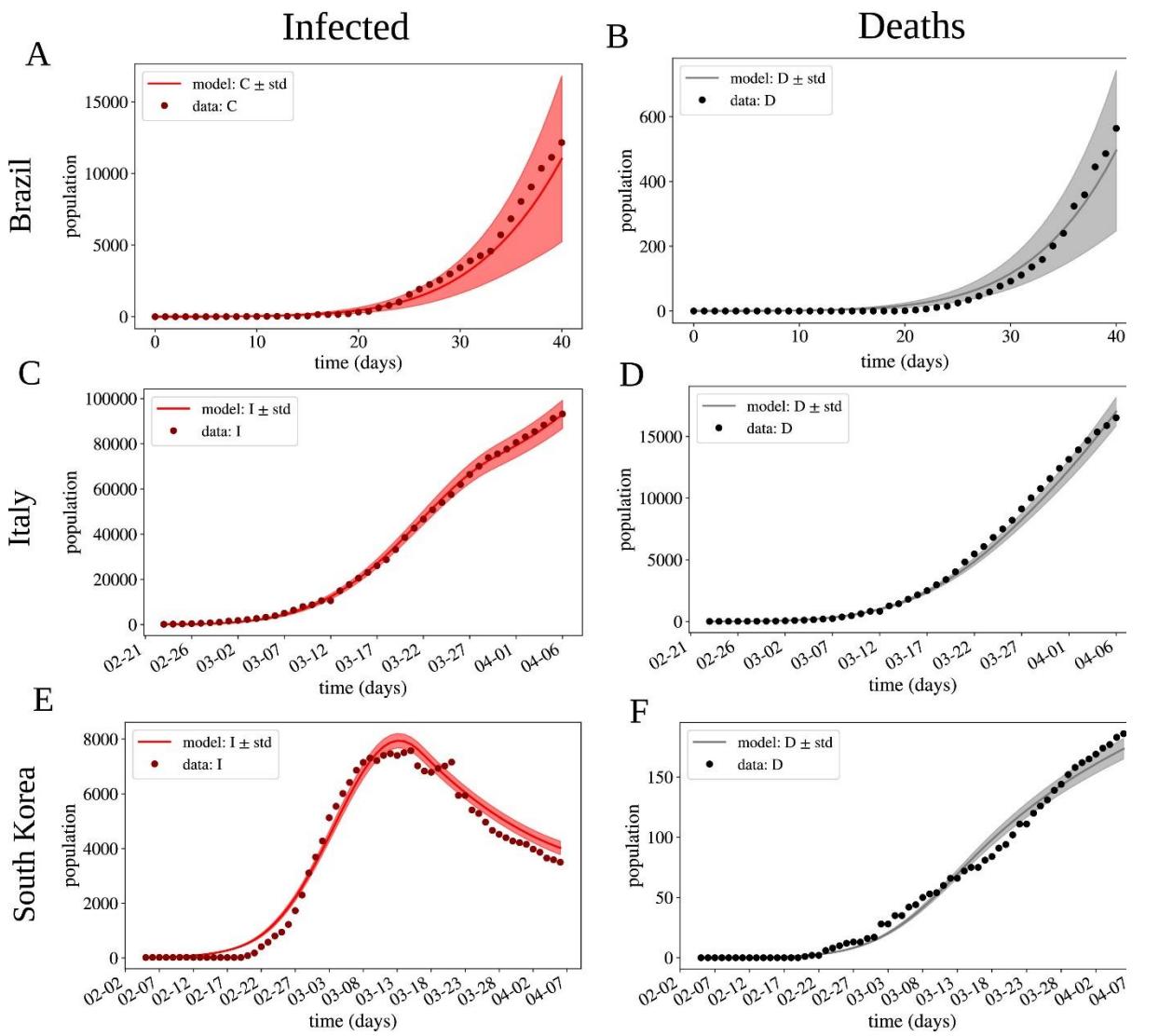
# The Quixotic Task of Forecasting the Peak of COVID-19: Rather Focus on Projecting the Impact of Mitigation Policies

Ruy Freitas Reis<sup>a</sup>, Rafael Sachetto Oliveira<sup>b</sup>, Bárbara de Melo Quintela<sup>a,c</sup>,  
Joventino de Oliveira Campos<sup>d</sup>, Johnny Moreira Gomes<sup>e</sup>, Bernardo Martins  
Rocha<sup>a,e</sup>, Marcelo Lobosco<sup>a,e</sup>, Rodrigo Weber dos Santos<sup>a,e,\*</sup>

# Estimativa dos parâmetros do modelo

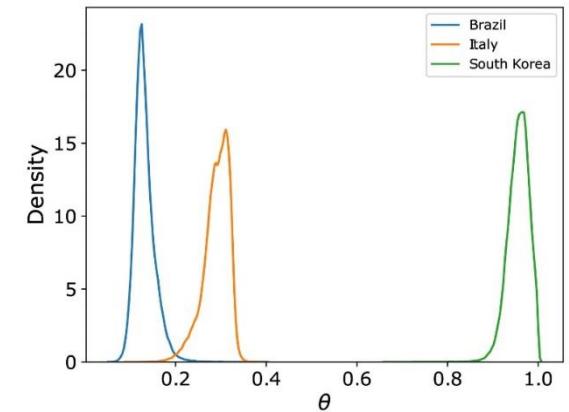
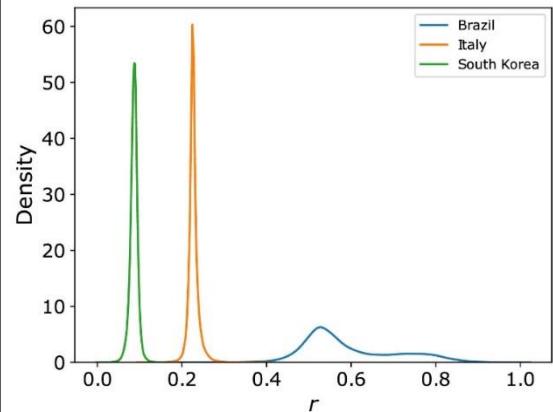
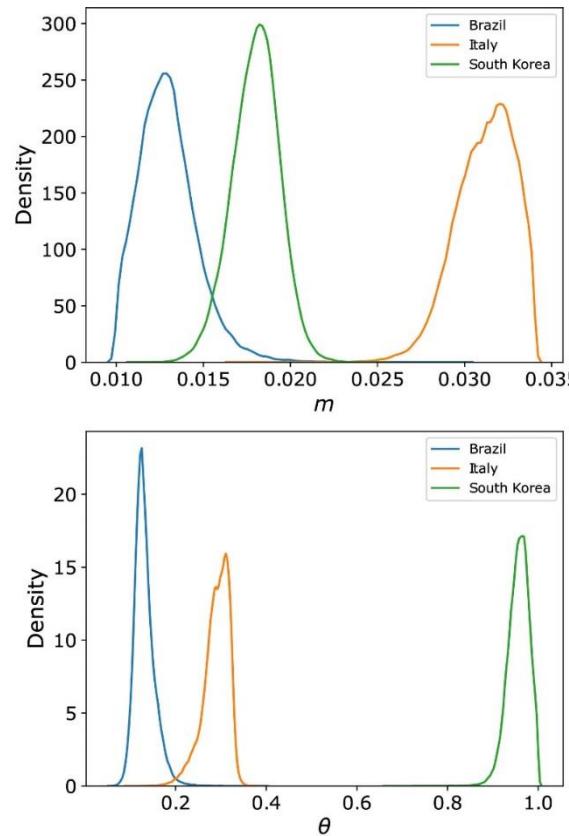
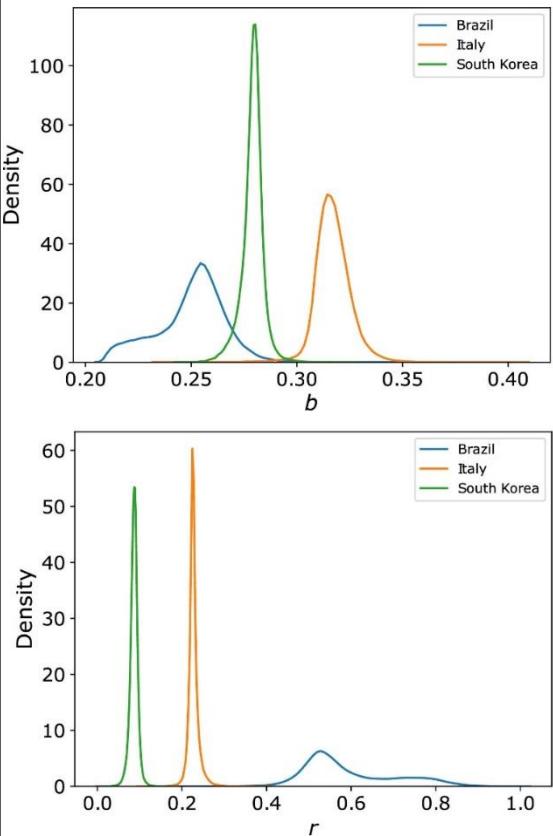
- Eu tenho I, S, R, D ao longo do tempo
- Quero estimar os parâmetros como  $b$ ,  $r$ ,  $m$  e  $\theta$

# Caracterização da pandemia em diferentes países



# Caracterização da pandemia em diferentes países

Brasil  
-not = 10%  
- $b^*r$  é o dobro  
do valor da  
Itália



# Previsões? Com muito cuidado. Difícil prever o isolamento social!

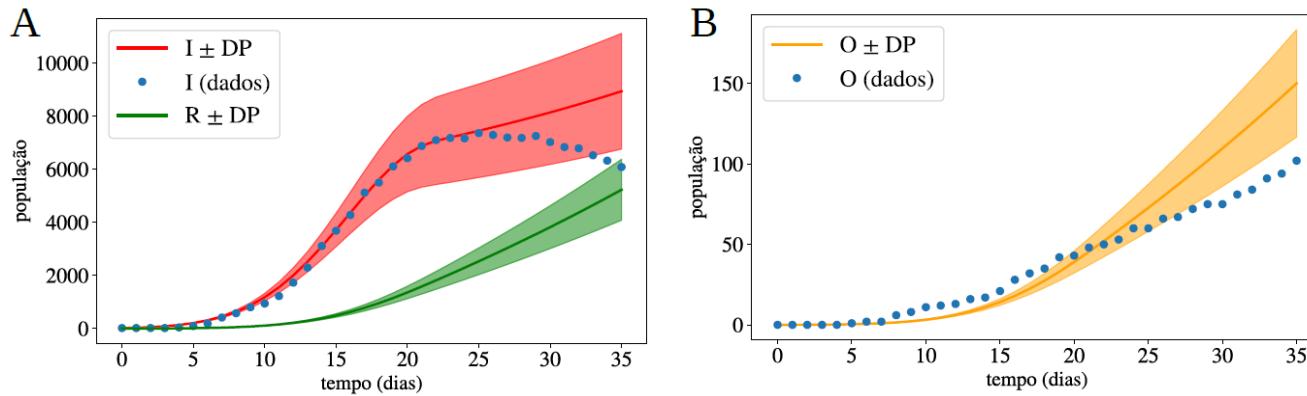


Figura 11: Resultado das simulações para o cenário da Coreia do Sul, quando apenas os dados dos primeiros 20 dias são usados para ajustar o modelo e então uma previsão é realizada para os próximos 10 dias.

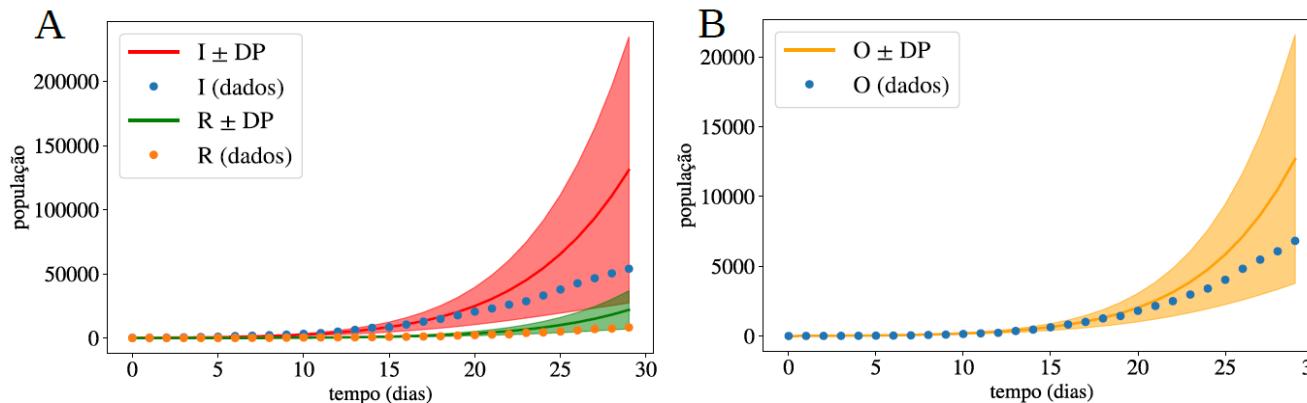


Figura 12: Resultado das simulações para o cenário da Itália, quando apenas os dados dos primeiros 20 dias são usados para ajustar o modelo e então uma previsão é realizada para os próximos 10 dias.

# Previsões? Com muito cuidado.

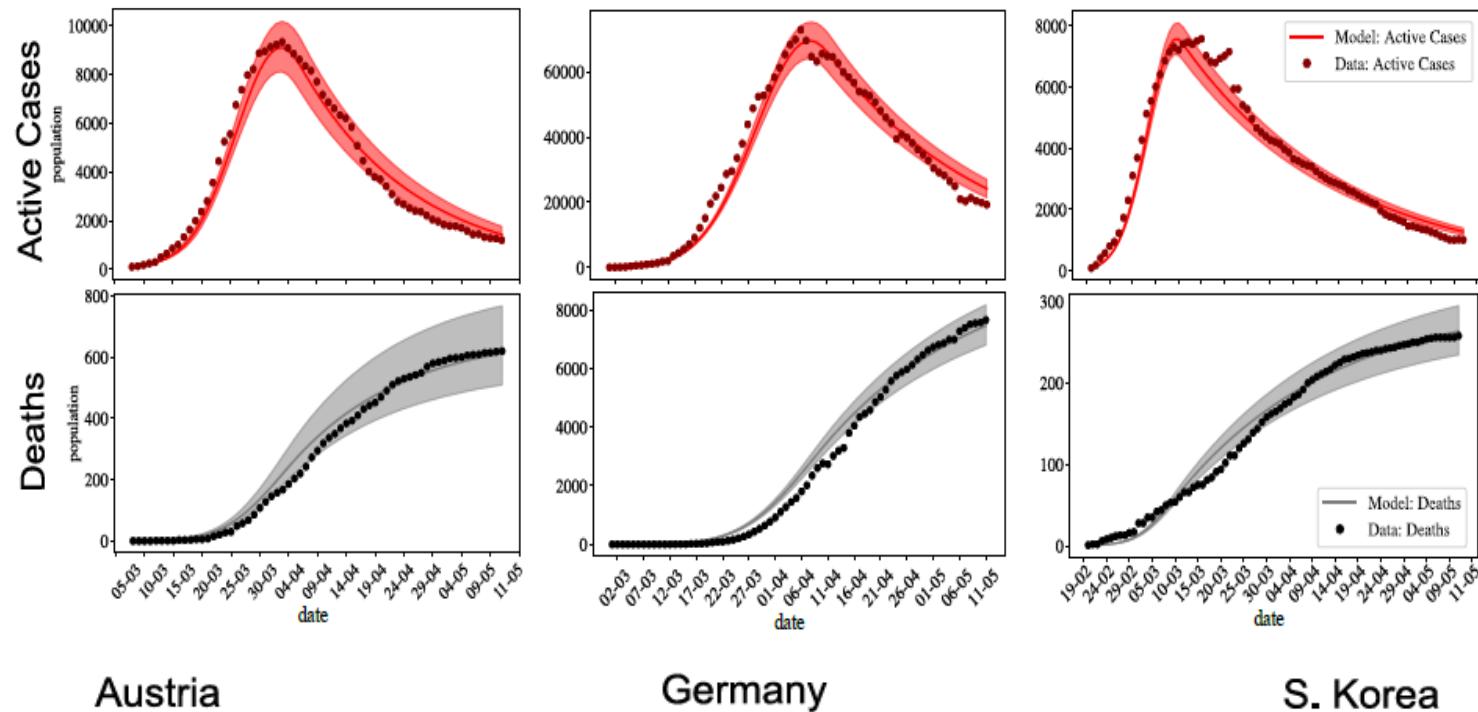
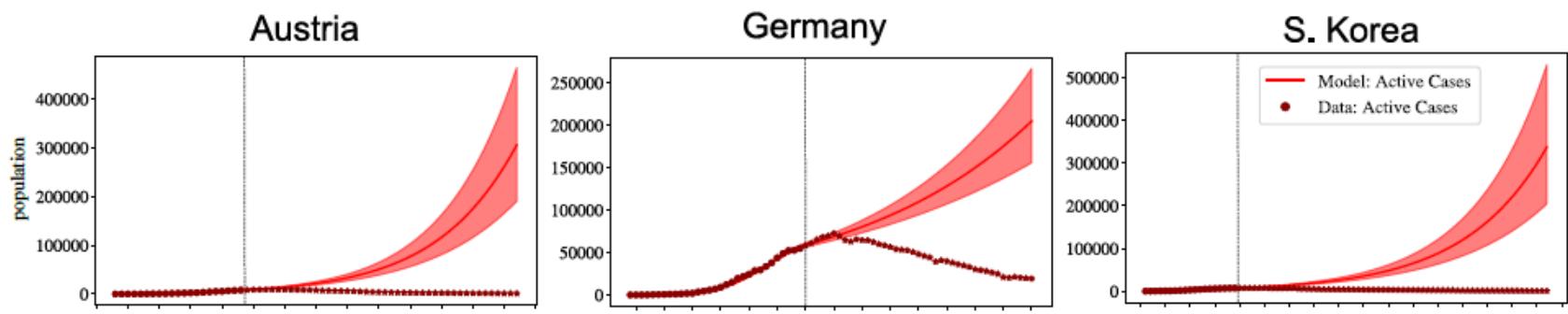


Figure 2: Total number of cases, active cases and deaths for Austria, Germany and South Korea. Available data is represented by ●. The solid lines indicate the expected value obtained numerically after parameters have been fitted, shaded regions indicate the 95% confidence interval.

Previsão do pico?  
Problema: Isolamento social. Sistema muito sensível a esse parâmetro



# Previsão do pico?

## Problema: Isolamento social. Sistema muito sensível a esse parametro

ANALYSIS: When will the coronavirus epidemic peak in Germany?



A man walking across the market place in Ludwigsburg, Baden-Württemberg on Monday. Photo: DPA

...the University of Hamburg...in early June.  
...University of Mainz...  
"all the way to September"..... Berlin Charité ... "will probably occur from June to August"

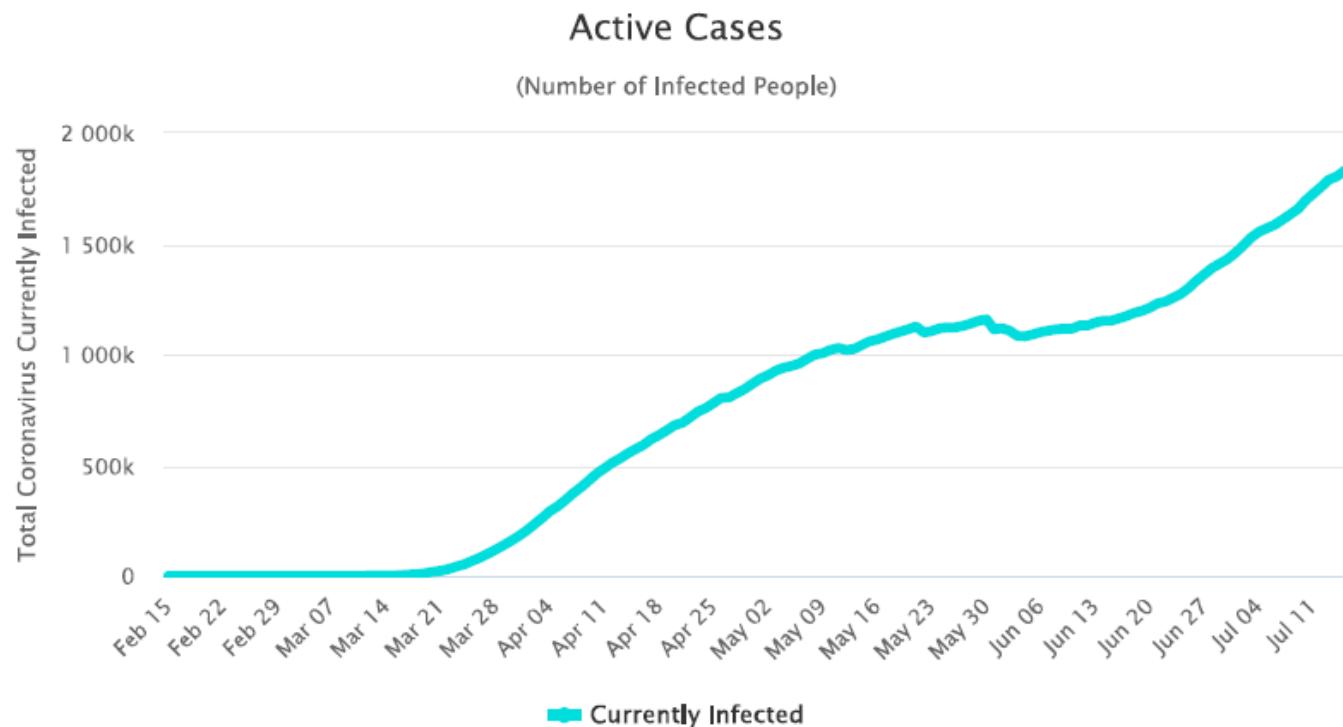


Rachel Loxton  
[rachel.loxton@thelocal.com](mailto:rachel.loxton@thelocal.com)  
[@rachLoxton](https://twitter.com/rachLoxton)

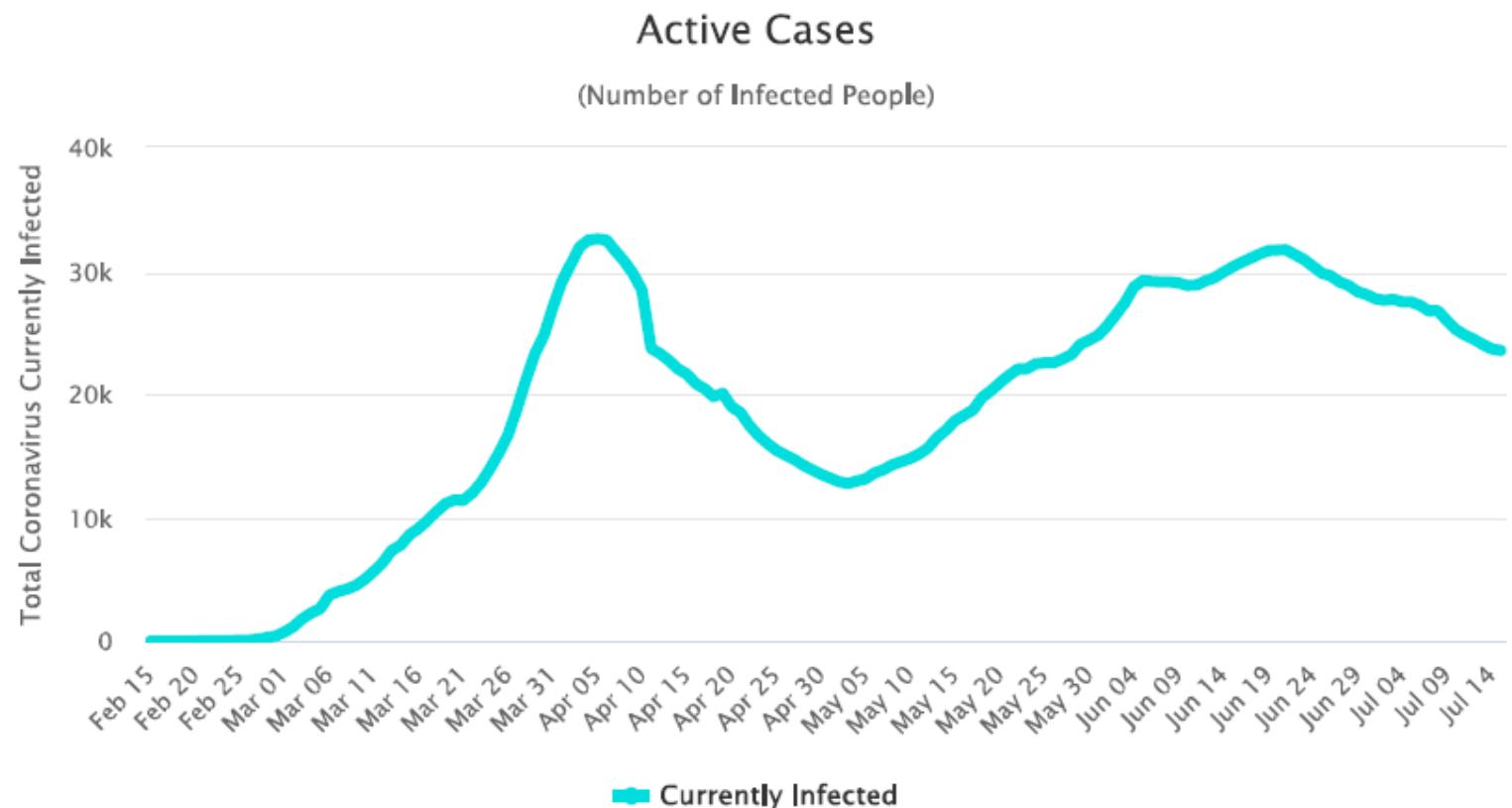
7 April 2020 | 12:14 CEST+02:00

# Segundo Pico

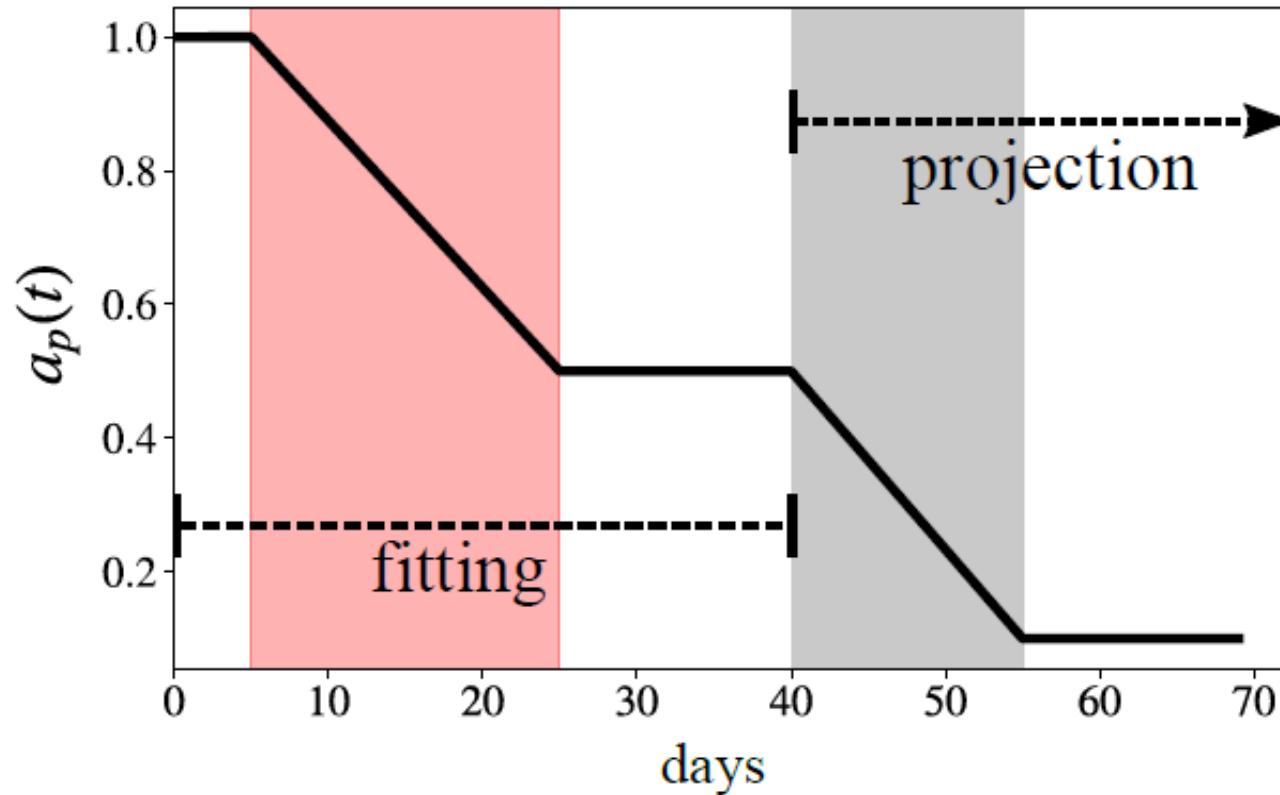
## Active Cases in the United States



# Active Cases in Iran

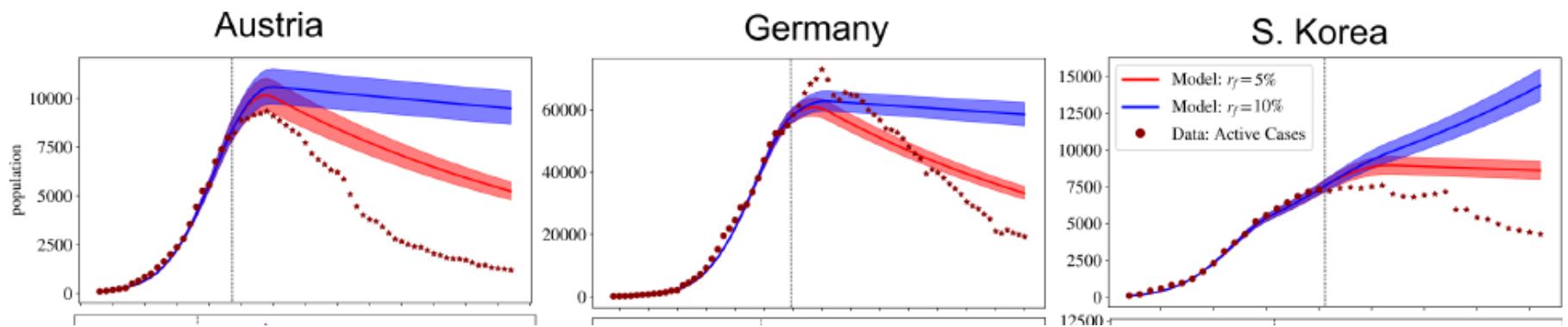


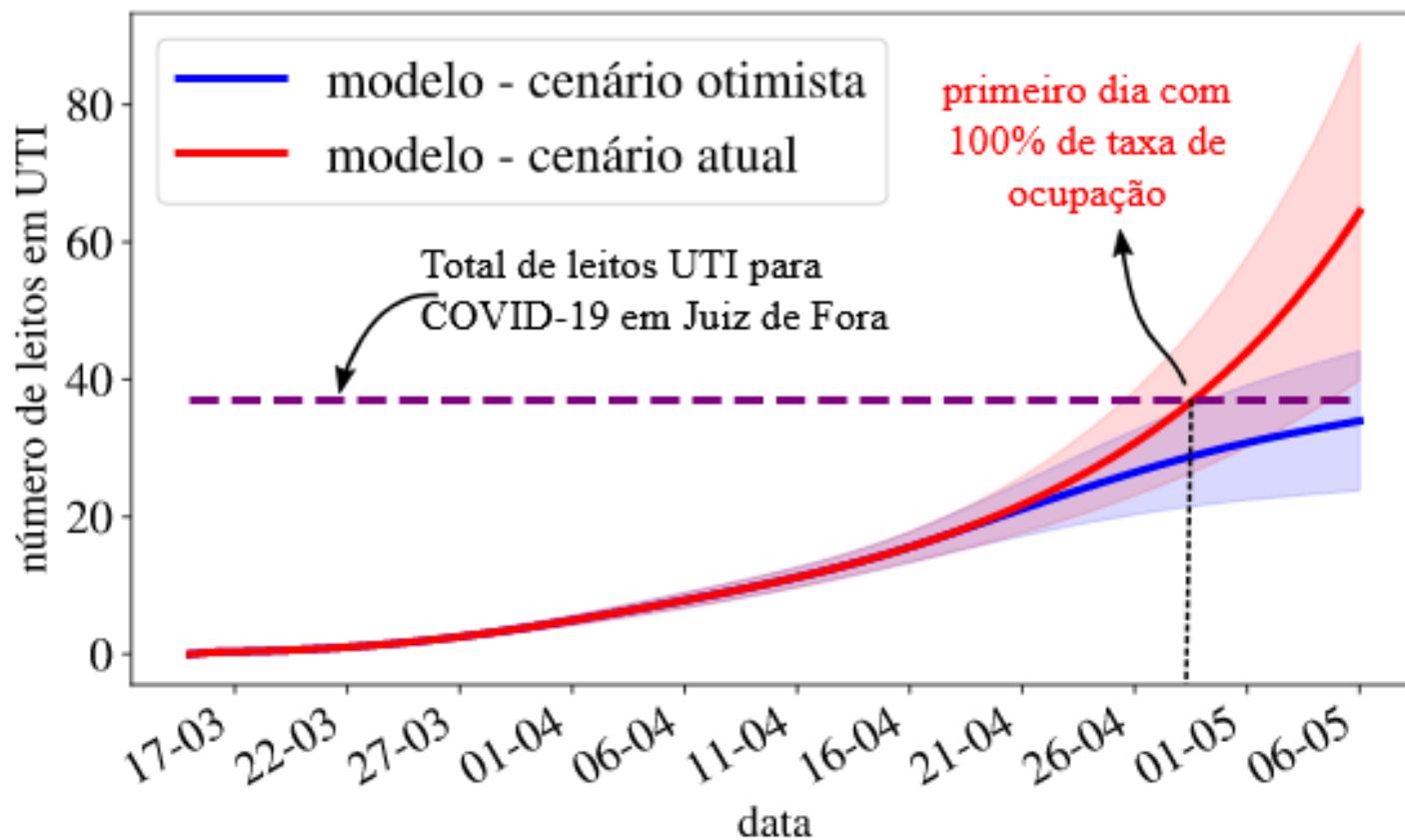
# Projeções de diferentes cenários



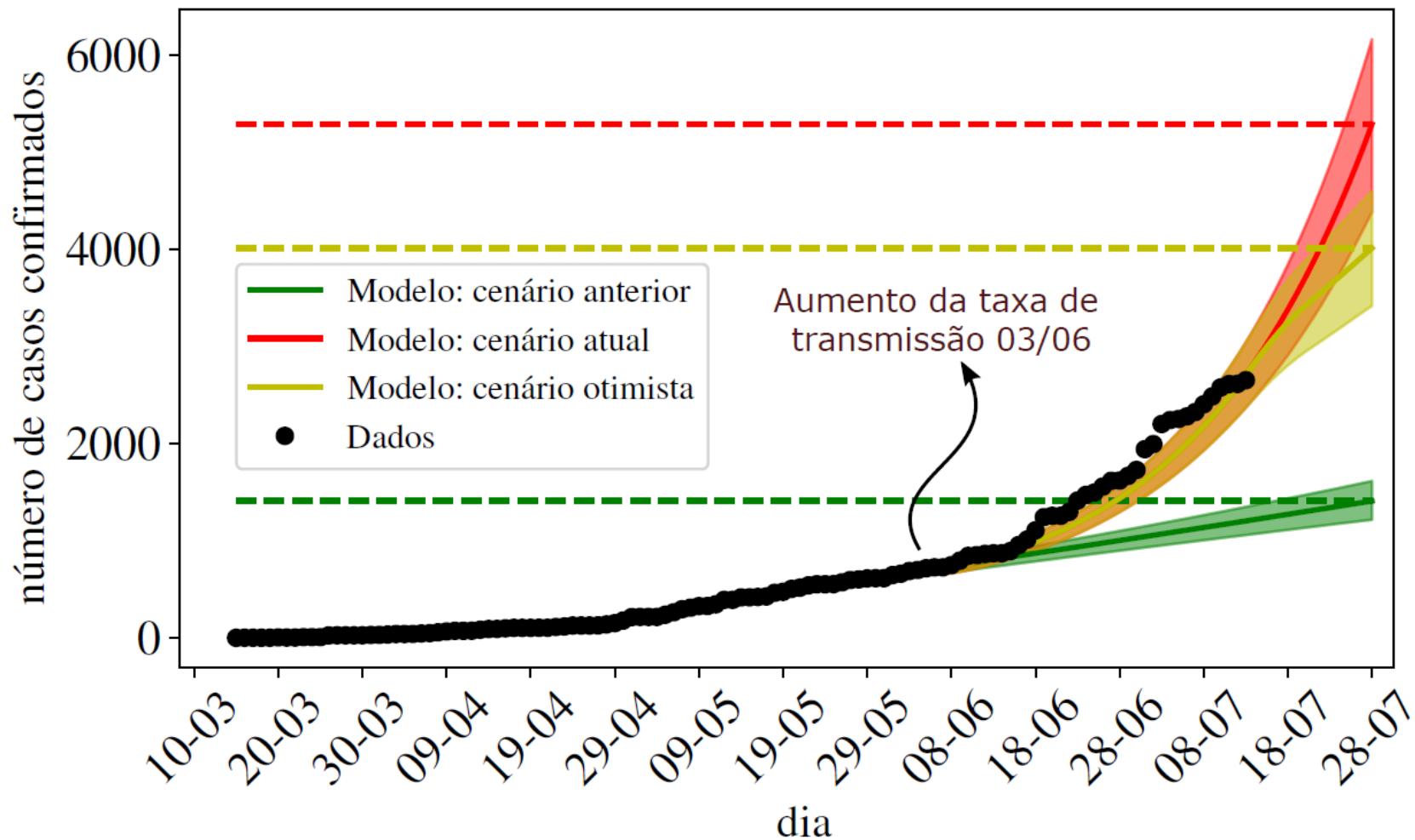
# Melhor Fazer Projeções

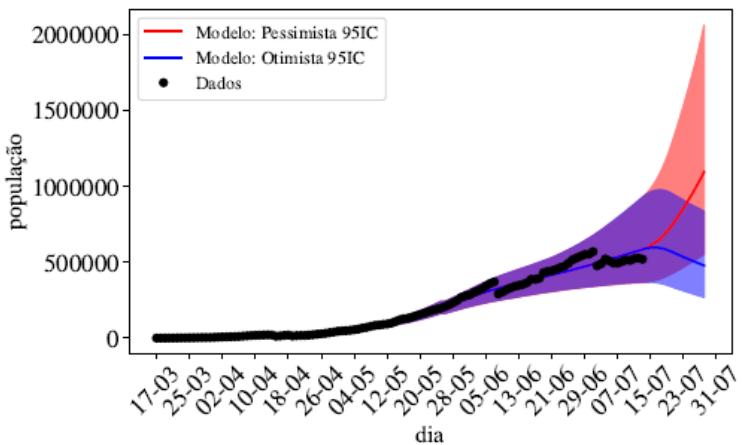
---



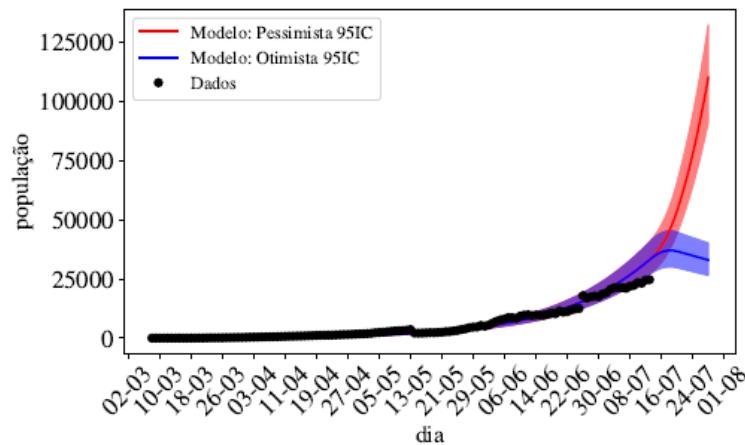


Resultados das simulações da demanda de leitos em UTI para Juiz de Fora para os próximos 20 dias considerando 2 cenários: **Cenário Atual**. Apresenta uma projeção de demanda para leitos em UTIs baseada no distanciamento social atual. **Cenário otimista**. A projeção para um cenário que considera uma política de distanciamento social mais restritiva durante os próximos 20 dias na cidade de Juiz de Fora. Apenas o último cenário não ultrapassa o número total de leitos de UTI vocacionados para Coronavírus em Juiz de Fora (37 leitos do SUS na data desta publicação) até o dia 6 de maio.

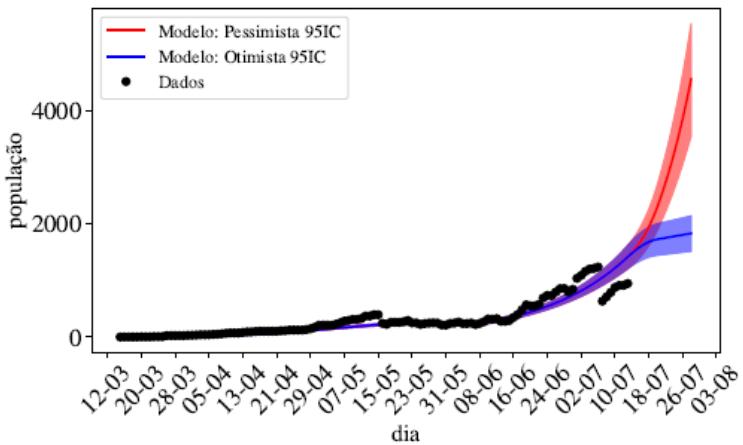




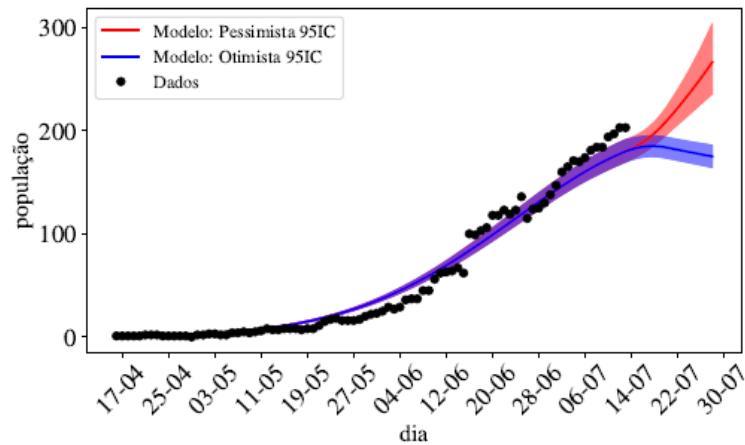
(a) Brasil



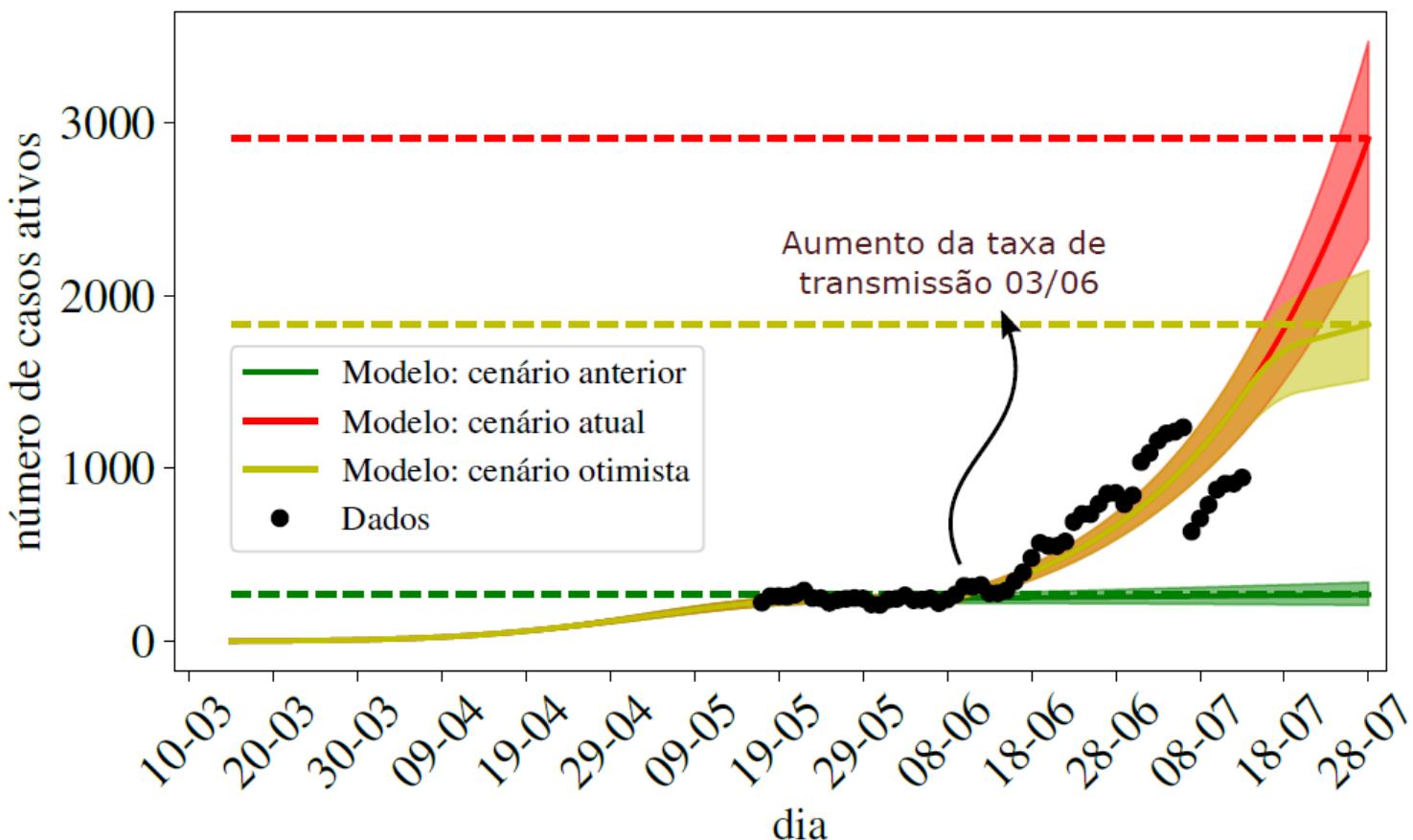
(b) Minas Gerais



(c) Juiz de Fora



(d) São João del-Rei





Programa de Pós-Graduação  
em Modelagem Computacional

