

EPIDEMIAS E MODELAGEM MATEMÁTICA: DA HISTÓRIA PARA DESAFIOS ATUAIS

IV^a Semana da Matemática da UFLA, *online*

8 de Dezembro, 2020

MALTHUS:

Como a produção de alimentos cresce em P.A. e a população cresce em P.G., de tempos em tempos tem que haver algum desastre para fazer a população voltar a um nível sustentável.

DESASTRE?

Guerra ou

Epidemia ou

Fome ou...

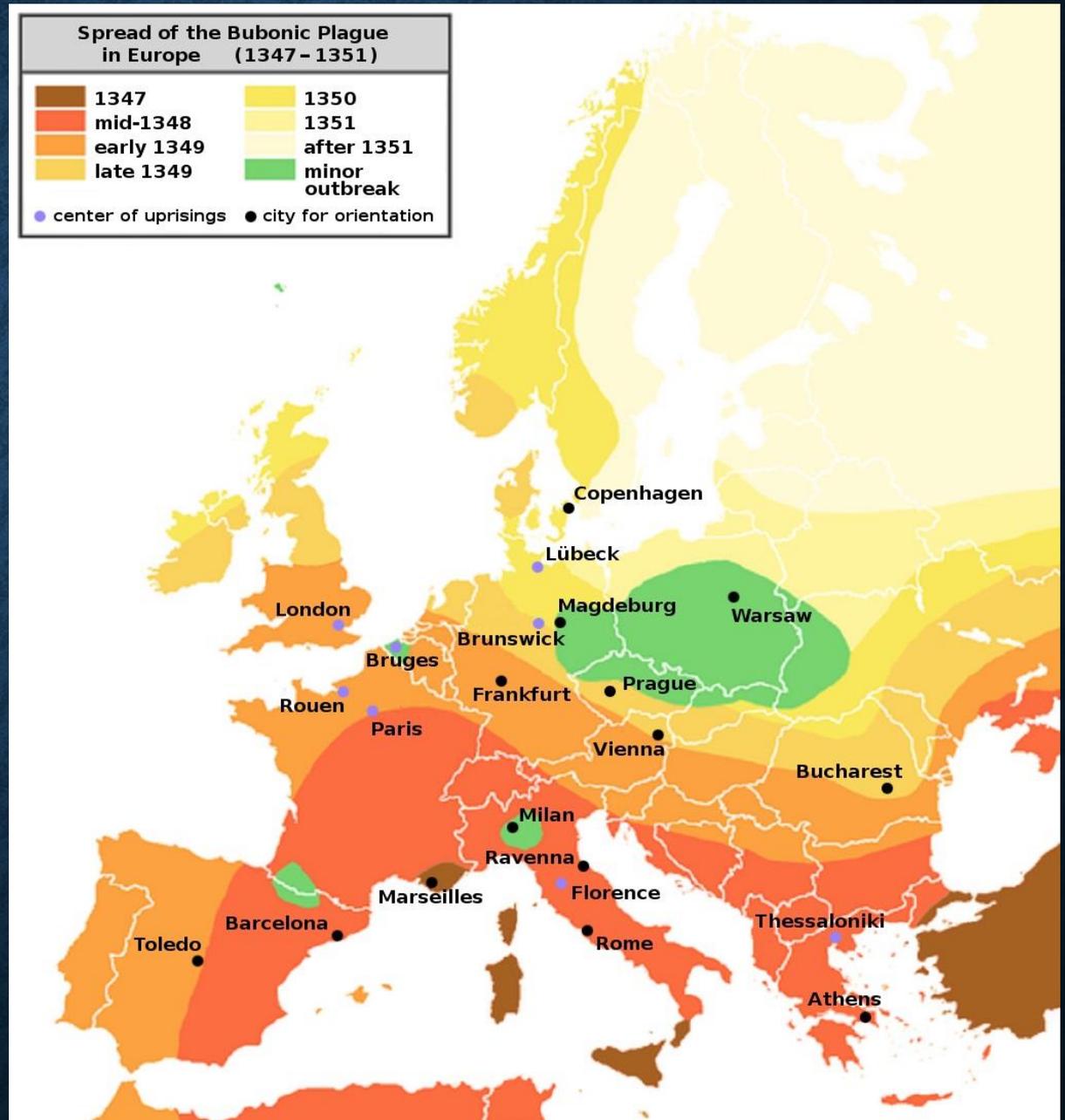
PESTE BUBÔNICA

- Achava-se que viera da Ásia por volta de 2000 anos atrás mas já se confirmaram indícios do patógeno na Europa, 3000 A.D.

PESTE BUBÔNICA

- 541 – Peste Justiniana: 30 a 50 milhões de mortos;
- 1347 – em 4 anos, 200 milhões de mortos (*trentino, quarantino*).
- 1348, 1349 – E mais um motivo para os xenofóbicos gritos de “Morte aos judeus”!

Fonte: UOL, AH:
Aventuras na
História



PESTE BUBÔNICA

Por 300 anos (até 1665), mais ou menos a cada 10 anos, novo surto:

20% de toda a população de Londres: morta

Em 7 meses, 100.000 vítimas fatais!

SOCIEDADE, NATUREZA, POLÍTICA, NEGACIONISMO, CIÊNCIA, VACINA, DOENÇA... E MATEMÁTICA?

COMO FAZER FUNCIONAR ISSO?

- Aprender a aprender,
- Aprender a fazer,
- Aprender a ser, e
- Aprender a conviver.

UNESCO: para o século 21

VARÍOLA

- Nos séculos 15 e 16 (presença europeia na América): 3 em cada 10 europeus perdem a vida!
- Até que,
- em 1796, a 1ª vacina!



AINDA, A CÓLERA

- 1543: descrição da doença, delta do rio Ganges.
- 1858: o “miasma mefítico” traz a cólera de lá: 10 pandemias no mundo todo!
- 2016-2020: quase 4.000 mortos, 2,23 milhões em 28,5 milhões de casos!!!

COMO QUE A MATEMÁTICA “VÊ” TUDO ISSO?

A Matemática precisa “ver” o mundo de
que ela faz parte.

COMO QUE A MATEMÁTICA “VÊ” TUDO ISSO?

A Matemática precisa “ver” o mundo de
que ela faz parte.

Precisa?

COMO QUE A MATEMÁTICA “VÊ” TUDO ISSO?

A Matemática precisa “ver” o mundo de que ela faz parte (inclusive ela própria).

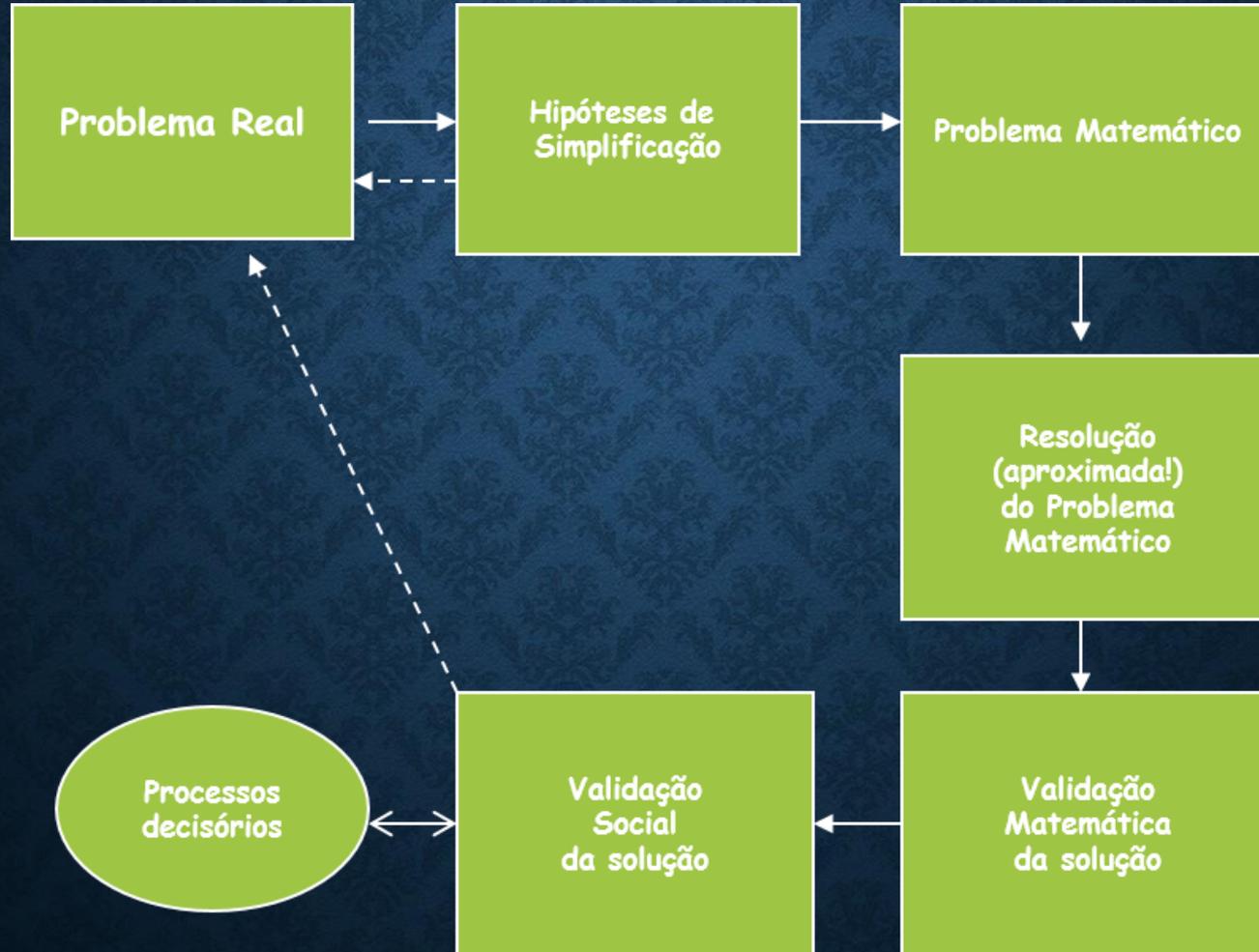
Precisa?

A Matemática Aplicada, sim: **precisa, deve, não tem jeito!**

ENTÃO, PARA “VER” O MUNDO...

**... devemos recorrer à
Modelagem Matemática.**

Um dentre tantos esquemas da Modelagem Matemática...



O Problema Real:
A Sociedade e a realidade da CoViD-19 e do seu
vírus, o SARS-CoV-2

Mas qual é a pergunta? Quais
são as perguntas? E sempre
haverá alguma resposta? E essa
resposta é verdade?

cf R. Alves

**O QUE PODEMOS FAZER?
VER, OUVIR, SENTIR...
E DIALOGAR PARA APRENDER
E CONSTRUIR CONHECIMENTO**

- Simplificar dialogando ;
- Expressar o problema numa das linguagens da Ciência;
- Trabalhar nesses universos científicos: Matemática, Física, Medicina, Ecologia, Farmacologia, Enfermagem, Química, Engenharias, Economia, Sociologia, Comunicações, Arte ... e segue a lista!

COMO MATEMÁTICOS...

O QUE PODEMOS FAZER COM
MATEMÁTICA?

E EM OUTROS RAMOS DEVE SER ANÁLOGO!

E AS APRENDIZAGENS...

O MODELO CLÁSSICO DE KERMACK E MACKENDRICK

Tentaram e conseguiram resultados em:

- Peste Bubônica,
- Cólera,
- Gripe espanhola (aviária)
- e nunca mais parou de funcionar!

QUAL A SACADA (A SIMPLIFICAÇÃO CERTA) DESSES SENHORES?

COMPARTIMENTOS!

Vale comentar que podemos (e devemos, aliás!) fazer tentativa-e-erro!

- Schroedinger
- Formulações de tipo “macarronada”
- Heráclito

SUPONDO QUE SE PODE DIVIDIR A
SOCIEDADE EM 3 COMPARTIMENTOS E
OS INDIVÍDUOS SÓ PODEM ESTAR EM
UM ÚNICO DELES DE CADA VEZ:

- $S = S(t)$ para os suscetíveis,
- $I = I(t)$ para os Infectados e
- $R = R(t)$ para os removidos ou resistentes temporariamente ou permanentemente.

O Modelo original:

$$\frac{dS}{dt} = -\lambda.S$$

$$\frac{\partial i}{\partial t} + \frac{\partial i}{\partial a} = \delta(a).\lambda.S - \gamma(a).i$$

$$\frac{dR}{dt} = \int_0^{\infty} \gamma(a).i(a, t)da, \quad \text{com}$$

$$\lambda(t) = \int_0^{\infty} \beta(a).i(a, t)da, \quad \text{e}$$

$$I(t) = \int_0^{\infty} i(a, t)da .$$

No caso da taxa de retirada,
o $\lambda(t)$, e da taxa de
transmissão, $\beta(a)$, serem
constantes,

Teremos o modelo dito
“**SIR**” clássico:

Mas, no caso da taxa de
retirada, $\gamma(a)$, e
da taxa de transmissão, $\beta(a)$
serem constantes,

teremos o modelo SIR
clássico:



$$dS/dt = -b.S.I$$

$$dI/dt = b.S.I - a.I$$

$$dR/dt = a.I$$



$$\frac{dS}{dt} = -b.S.I + s.R$$

$$\frac{dI}{dt} = b.S.I - a.I$$

$$\frac{dR}{dt} = a.I - s.R$$

Marina Lima,
Marina Ripper,
Aédson,
Juliana Marta,
Tiago Yuzo,
José Eduardo,
Camile Kunz,
José Ronaldo,
Cristian Espitia,
Anny,
Ana Valentim,
Beatriz,
Laís,
Felipe Longo,
Bruno Tobias,
Geizane,
e eu.

Um trabalho de
equipe, e que
equipe!

Porque este novo compartimento?



$$dS/dt = -b.S.I - u.S.E$$

$$dE/dt = b.S.I + u.S.E - v.E$$

$$dI/dt = v.E - a.I - \mu.I$$

$$dR/dt = a.I - e.R$$

$$(dD/dt = \mu.I)$$

Como aproveitar este novo
compartimento?



$$dS/dt = -b.S(t).I(t) - u.S(t).E(t - \tau) + e.R(t)$$

$$dE/dt = b.S(t).I(t) + u.S(t).E(t - \tau) - v.E(t)$$

$$dI/dt = v.E(t) - a.I(t) - \mu I(t)$$

$$dR/dt = a.I(t) - e.R(t)$$

$$(dD/dt = \mu I(t))$$



$$\frac{dS}{dt} = -b.S.I - u.S.A - w.S + g.C + q.R$$

$$\frac{dC}{dt} = w.S - g.C - h.C.A - j.C.I - m.C$$

$$\frac{dE}{dt} = b.S.I + u.S.A - v.E$$

$$\frac{dA}{dt} = v.E - r.A - p.A$$

$$\frac{dI}{dt} = r.A - a.I - \mu.I$$

$$\frac{dR}{dt} = a.I - q.R + m.C + p.A$$

$$\frac{dD}{dt} = \mu.I$$

Outras mudanças no modelo:

A Vacina

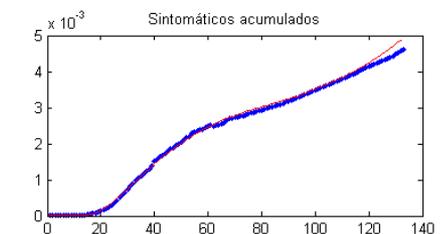
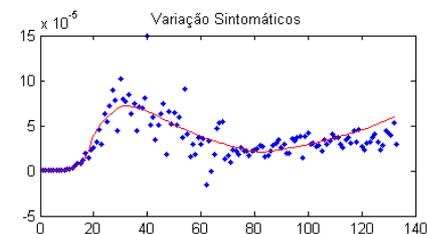
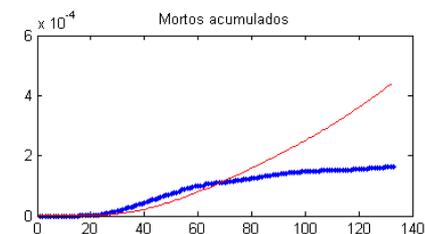
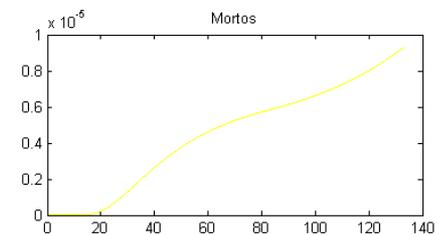
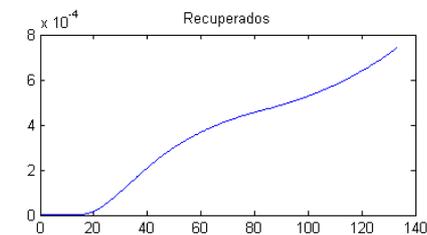
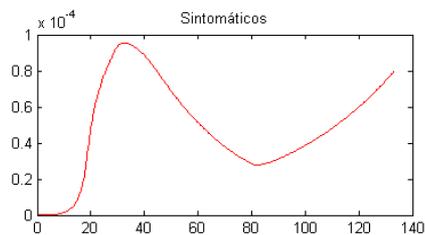
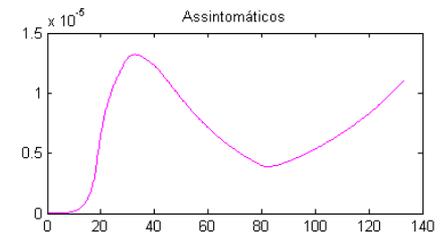
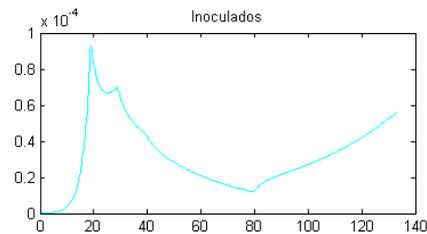
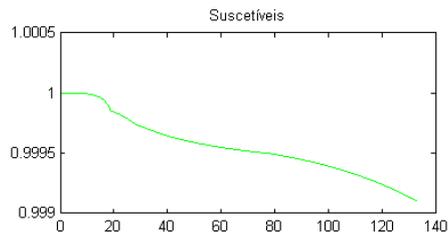
As “ondas”

Calibrar os modelos

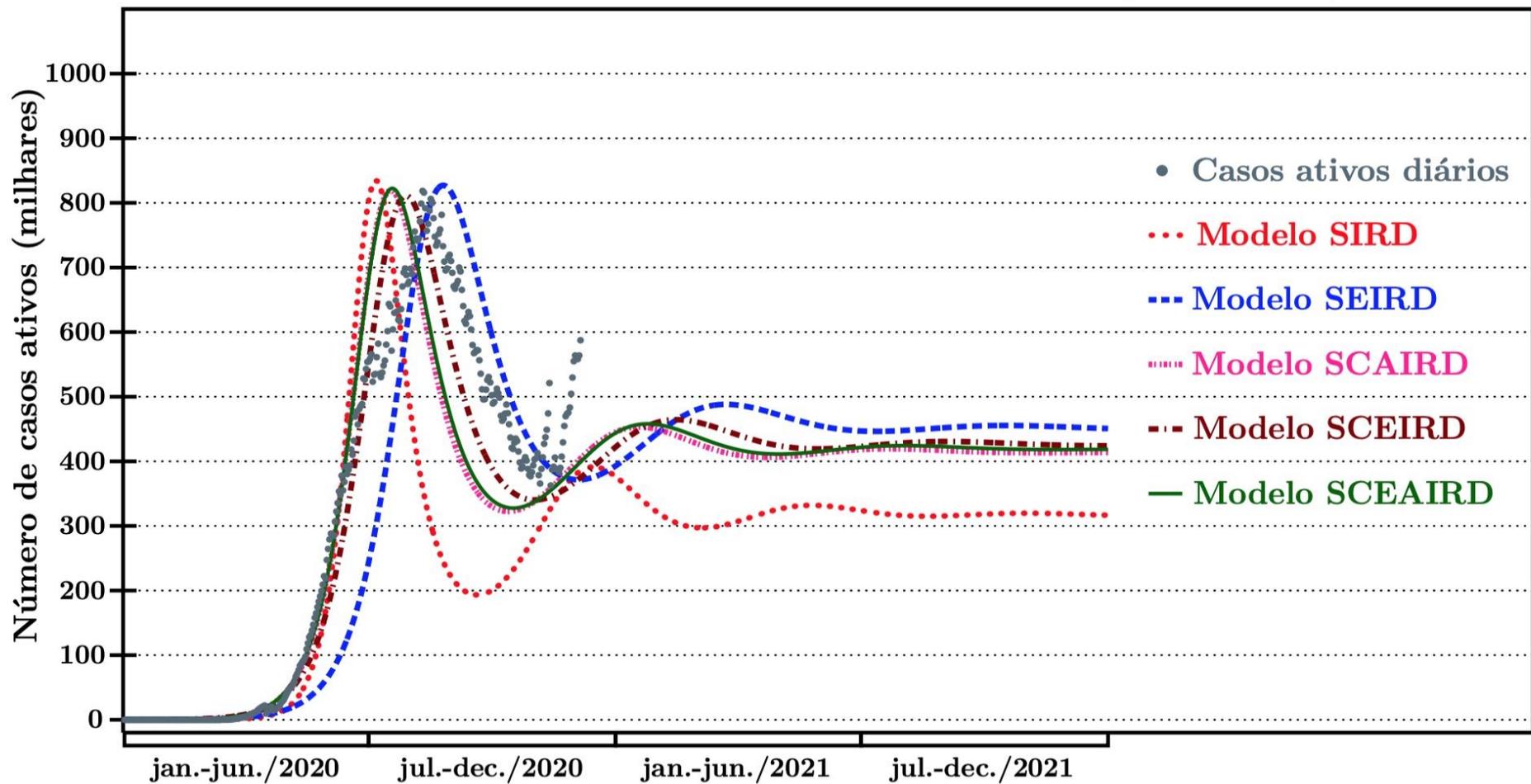
Corrigir e jogar fora ou evoluir

Por exemplo...

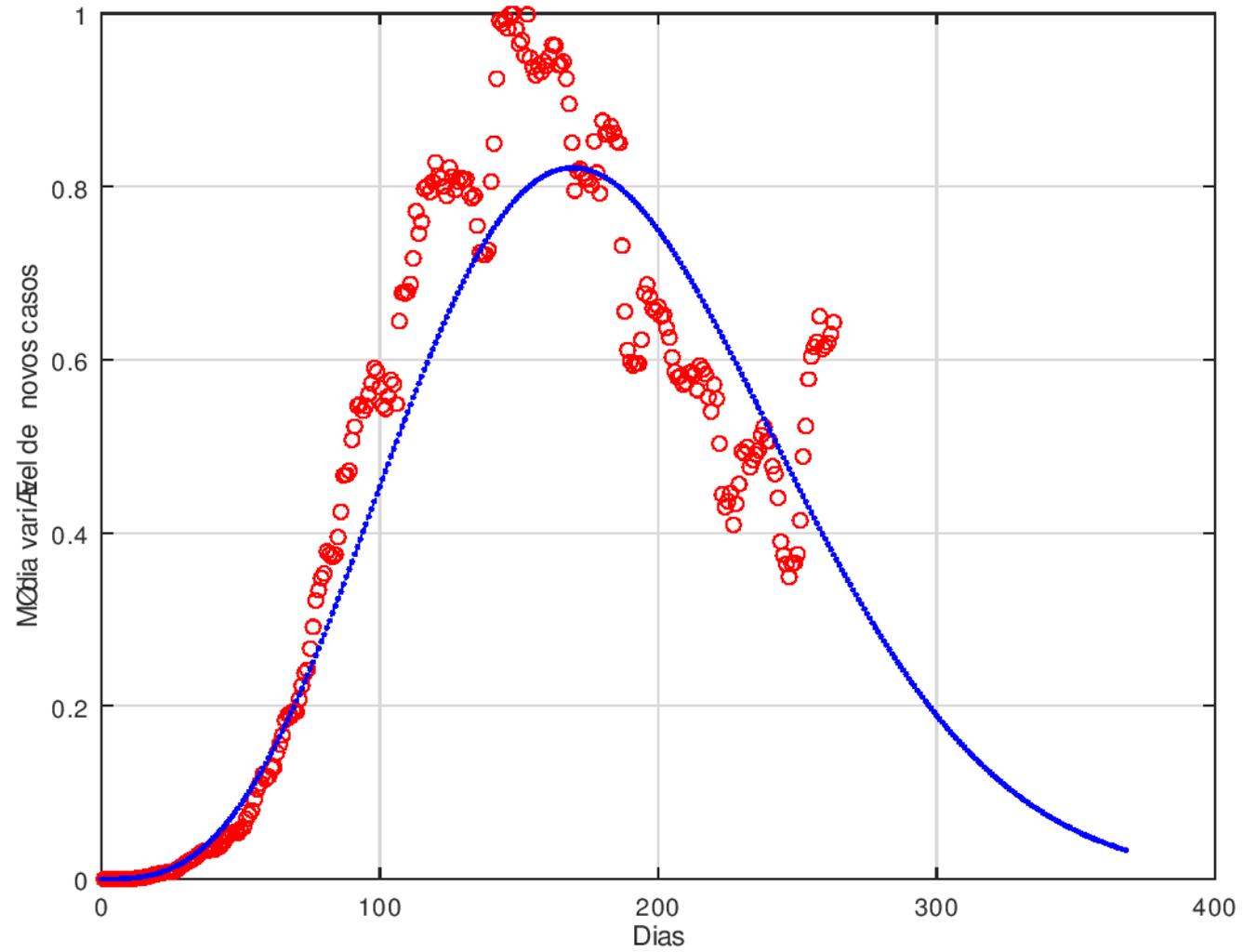
MAIS OU MENOS... PARA PORTUGAL.



Casos Ativos de COVID-19 no Brasil (milhares)



Brasil: Média 7 dias - casos diários



Mas os modelos têm problemas e erros **sérios**:

Parâmetros constantes,

Mudanças de comportamentos,

Pressões econômicas,

Pressões sociais,

Usos políticos e

Negacionismo e Obscurantismo...

SEMPRE FICARÃO OS DESAFIOS

- Melhorar a Matemática e a Modelagem, a Criação de Novos Modelos e sempre, a Avaliação Crítica
- Contribuir com a melhoria da vida hoje e no futuro (Sociedade, Natureza, Sobrevivências).

MUITO OBRIGADO PELO
PRIVILÉGIO
DE PODER PARTICIPAR COM
VOCÊS DESTA EVENTO DA
UFLA, MESMO
VIRTUALMENTE...
E MESMO SEM O *COFFEE BREAK!*

jmeyer@unicamp.br