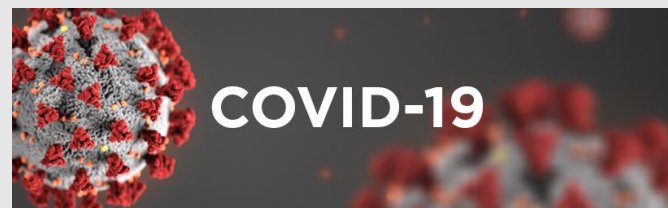




Modelo logístico para estimar o início e a evolução da pandemia COVID-19 em Portugal



Fernando da Conceição Batista*, Americo Barbosa da Cunha Junior**

*ESTG, CDRSP, Instituto Politécnico de Leiria, P-2411-901, Leiria, Portugal

** Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

Primeiro casos com sintomas na Europa - 2020



França

- **25** janeiro - Primeiros casos

- 23 dezembro - Sintomas fortes de paciente que entrou nas urgências a 27 de dezembro.

Itália

- 31 janeiro - Turistas chineses

- **20** fevereiro - Surto na Lombardia

- 01 janeiro - 1º sintoma - "Cereda et al."

Portugal

- **02** março - Primeiros casos

- 11 março - Um idoso internado acusou positivo e já estava há uma semana no hospital em Lisboa.

- 21 fevereiro - DGS já tinha calculado o $R(t)$

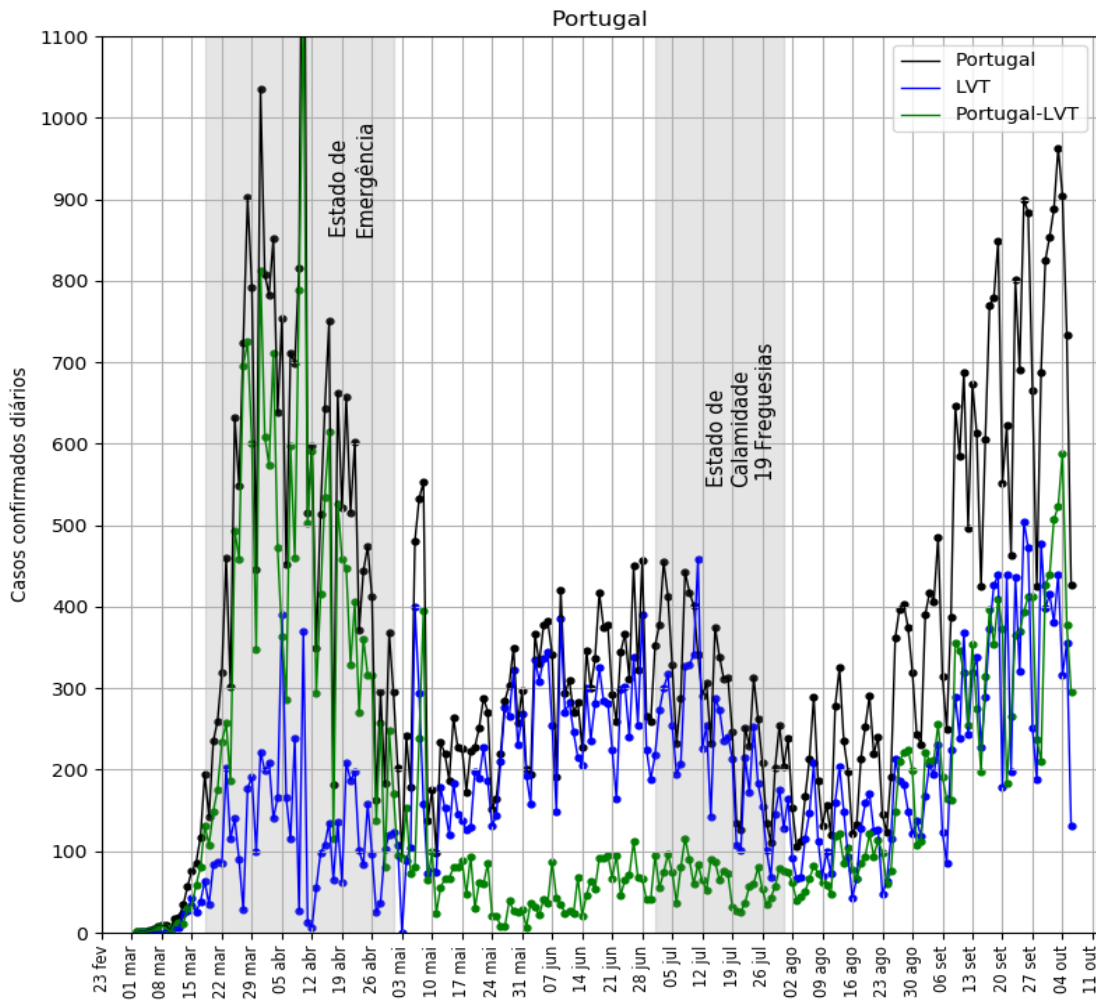
- O SARS-COV-2 **propaga-se muito silenciosamente** e sem os alertas clínicos e sem a realização de teste para a Covid-19 era muito **difícil detetar** a existência de pacientes infectados.
- Já há muita literatura a indicar que houve pessoas infectas muito **antes das primeiras notificações oficiais**.

Há assim todo o interesse em **detetar a data real da primeira infeção** para assim perceber melhor toda a dinâmica da pandemia.



Estimar a verdadeira curva epidêmica inicial

Incidência da COVID-19 em Portugal – 02/03/2020 a 06/10/2020



Primeiro caso registado
2 de março

No mês de março houve uma subida exponencial de registos de casos que só inverteu no início de abril.

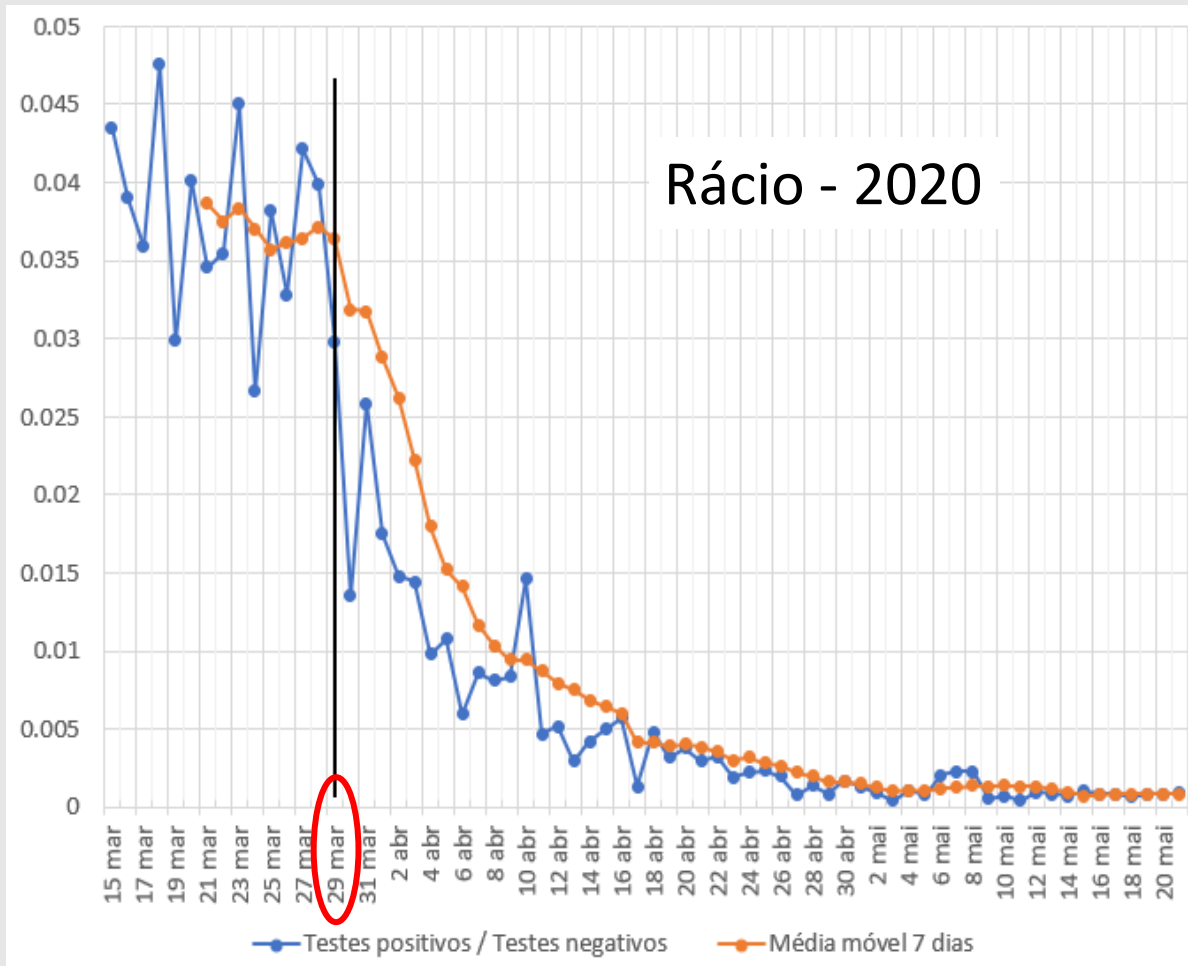


Qual será o dia onde encontramos a **curva epidêmica estacionária**?

3 INDICADORES

Fonte dos dados: DGS Portugal

INDICADORES - Rácio entre o número de testes

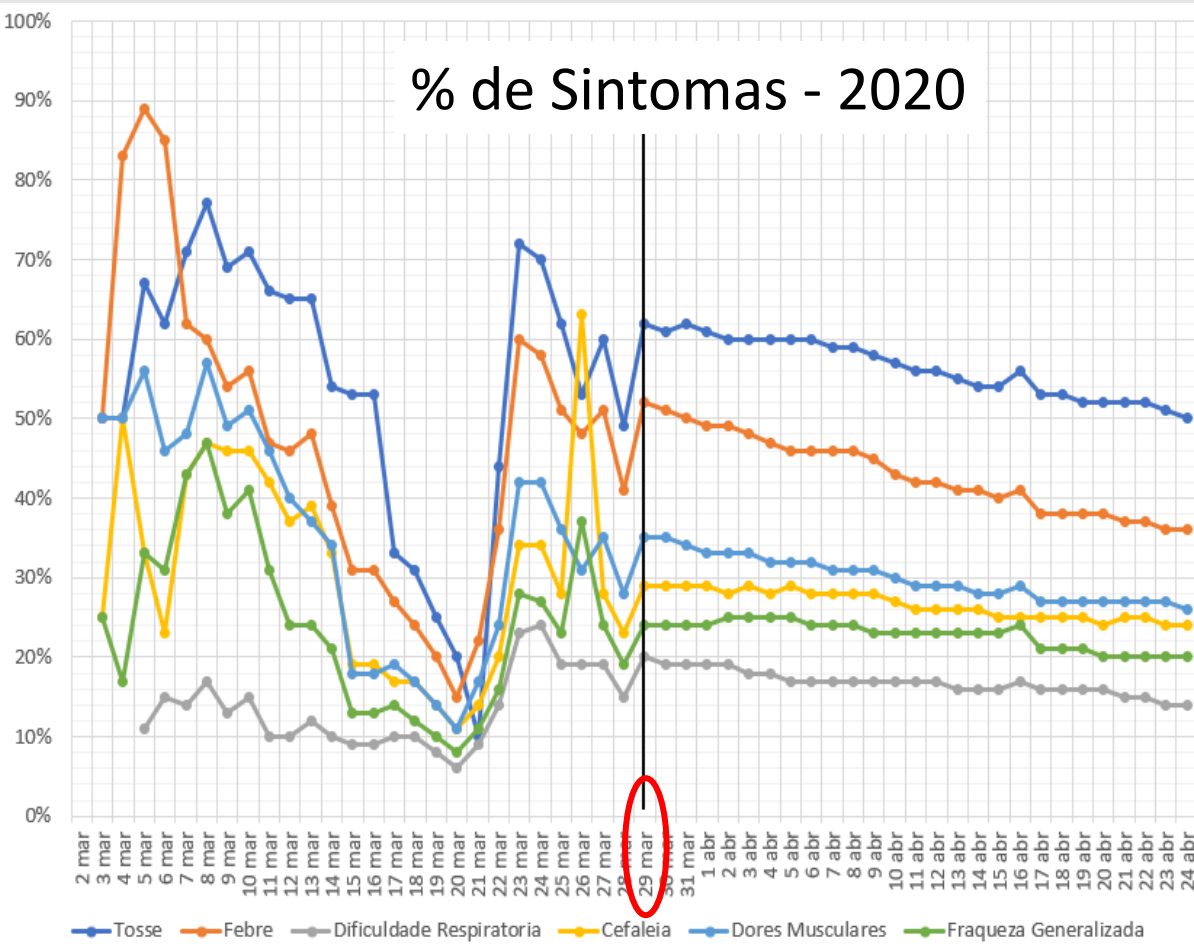


$$\text{Rácio} = \frac{n^{\circ} \text{ Testes positivos}}{n^{\circ} \text{ Testes negativos}}$$

Até dia **29 de março** não estavam a ser feitos testes suficientes para acompanhar toda a frente da infeção na comunidade.

INDICADORES - Estabilização da percentagem de sintomas

% de Sintomas - 2020

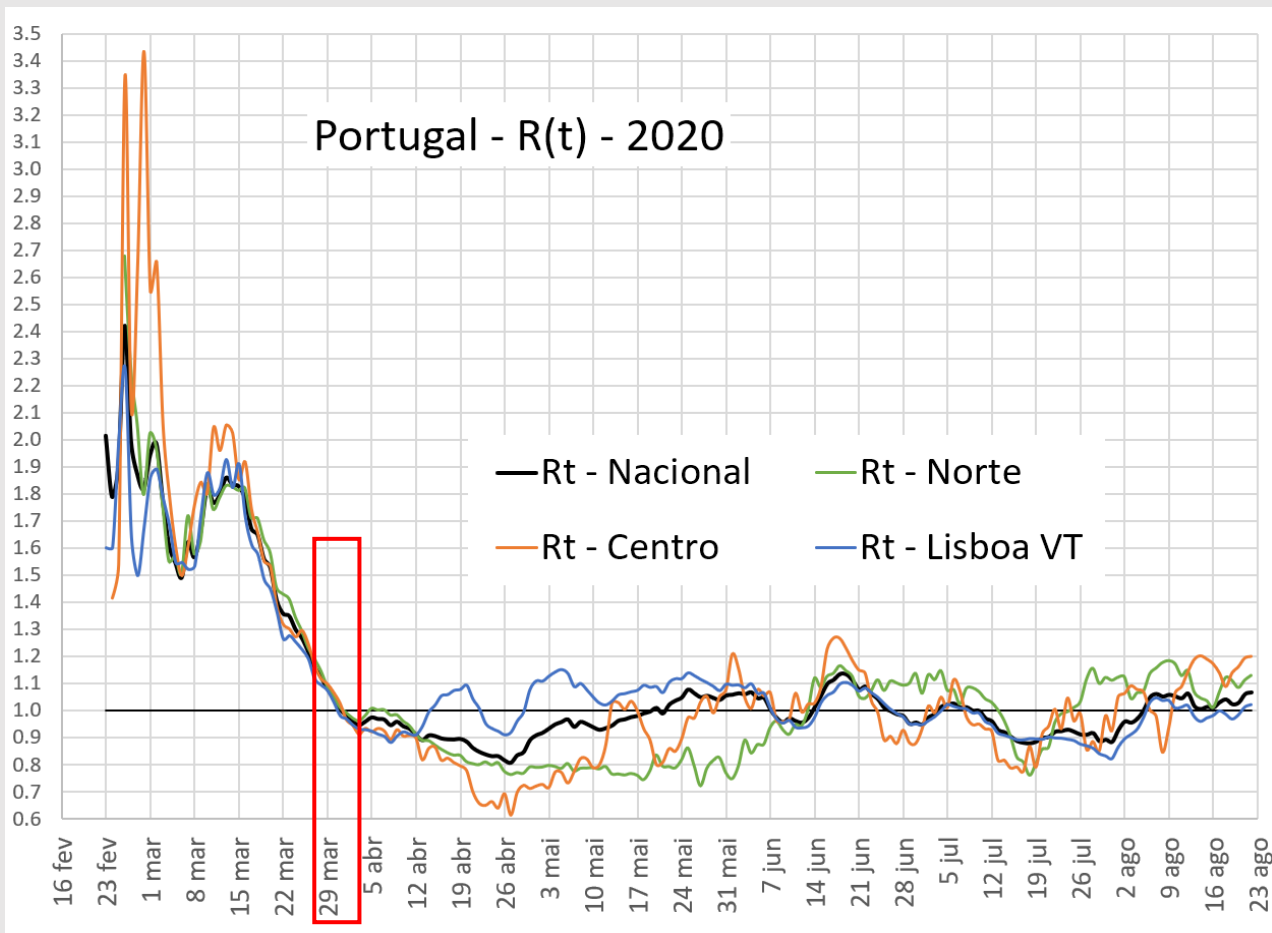


Sintomas

- Tosse
- Febre
- Dificuldade Respiratória
- Cefaleia
- Dores Musculares
- Fraqueza Generalizada

Só a partir do dia 29 de março é que se testou um número representativo da frente da infeção na comunidade o que permitiu estabilizar a percentagem dos sintomas dos infetados.

INDICADORES - Índice de transmissão - $R(t)$

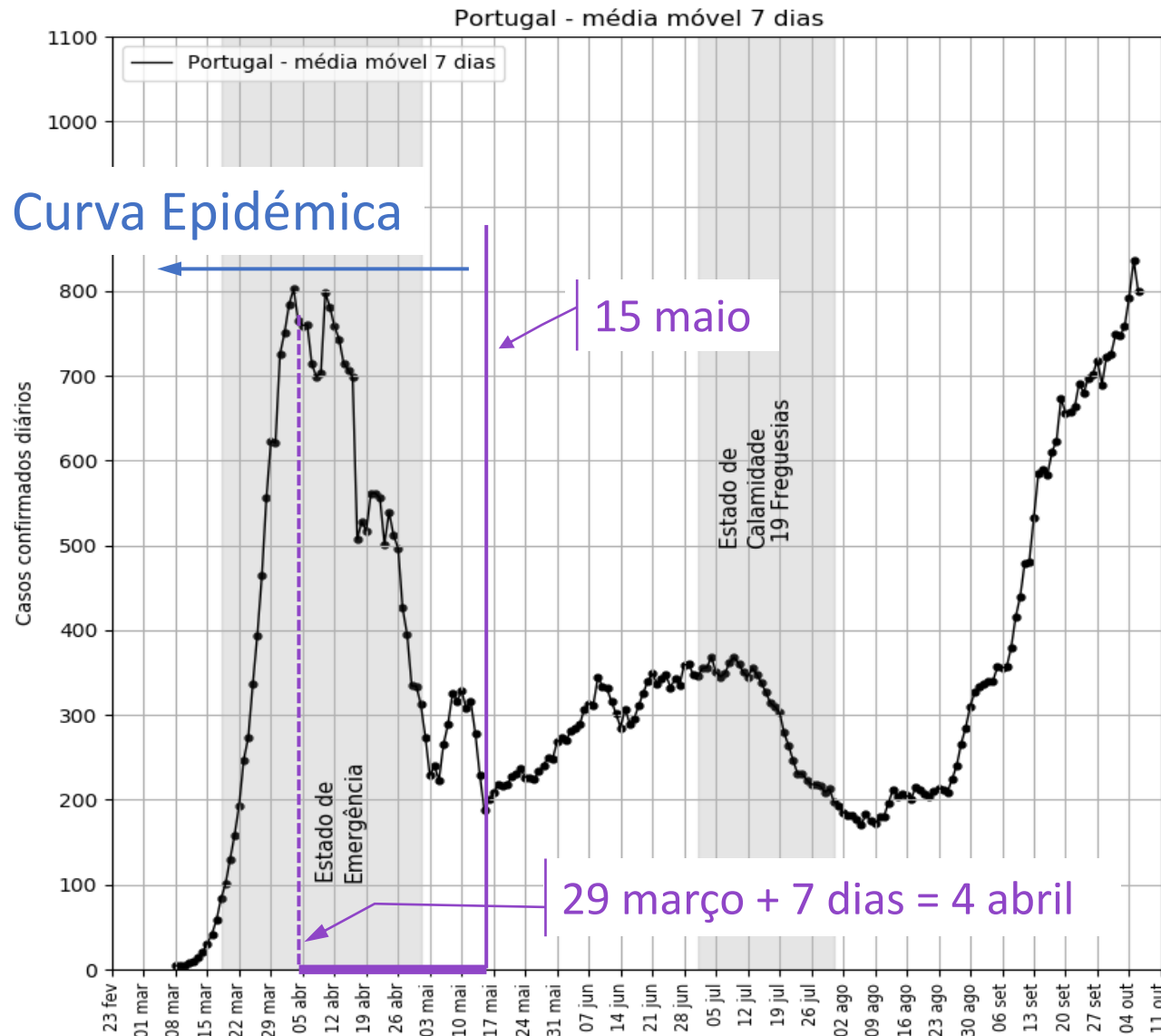


O cálculo do $R(t)$ tem como base a incidência.

Só a partir do dia **29 de março** é que surgiram valores coerentes com os valores de $R(t)$ deste vírus.

MÉTODO - Média Móvel de 7 dias

Curva Epidémica



Curva Epidémica

primeira onda

4 abril

a

15 maio 2020

Três Cenários

Cenário 1 - Pico "29 março"

Cenário 2 - Pico "24 março"

Cenário 3 - Pico "19 março"

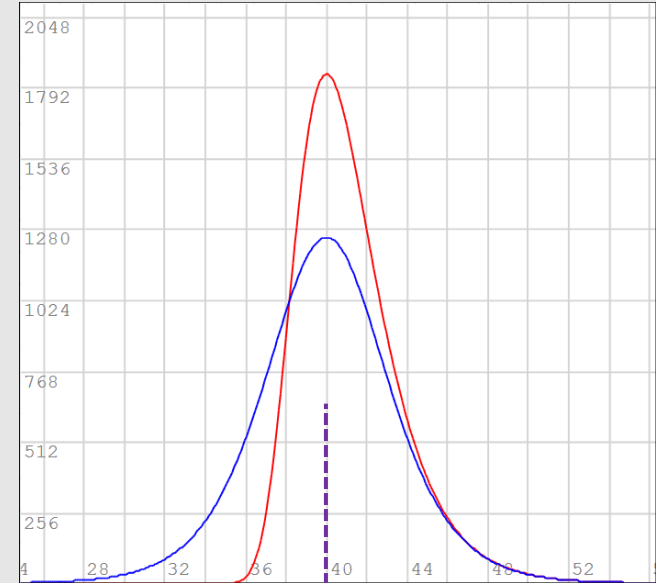
MÉTODOS - Curva Logística C(t) e Curva Epidémica I(t)

Richard growth curve (1959) / generalized logistic function

$$C(t) = \frac{K}{1 + e^{-r(t-t_m)}}$$

$$I(t) = \frac{rKe^{-r(t-t_m)}}{(1 + e^{-r(t-t_m)})^2}$$

K – nº total de casos
 r – taxa de contágio
 t_m – dia do pico



Gompertz equation (1832)

$$C(t) = Ke^{-e^{-r(t-t_m)}}$$

$$I(t) = rKe^{-r(t-t_m)-e^{-r(t-t_m)}}$$

$$I(t) = \frac{dC(t)}{dt}$$

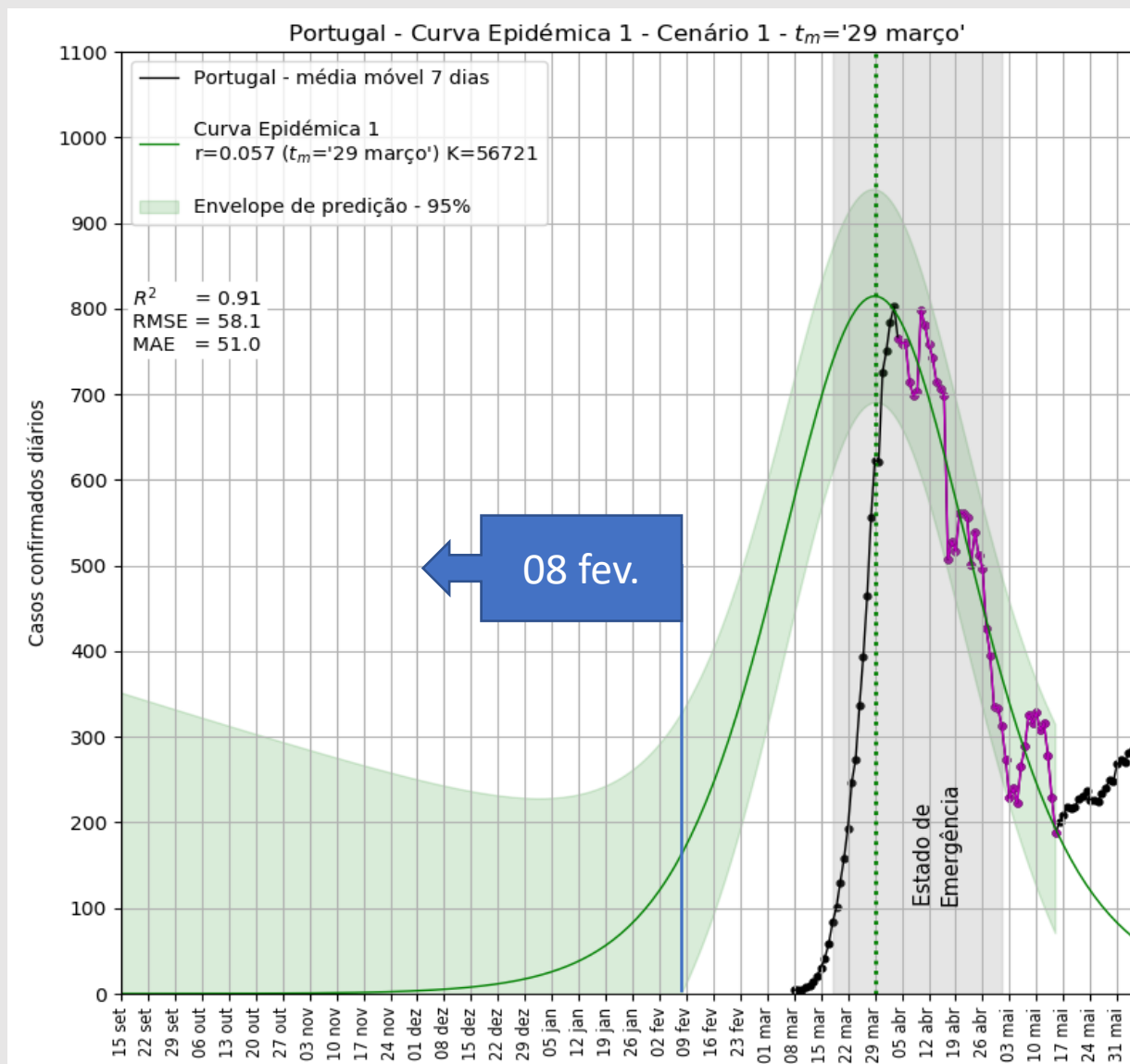
$I(t)$ - Curva de Incidência (Epidémica)

Envelope de predição

$$I(t_i) \pm t_{N-2}(\gamma/2) \cdot S \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{N} + \frac{(t_i - \bar{t})^2}{\sum_{j=1}^N (t_j - \bar{t})^2}}$$

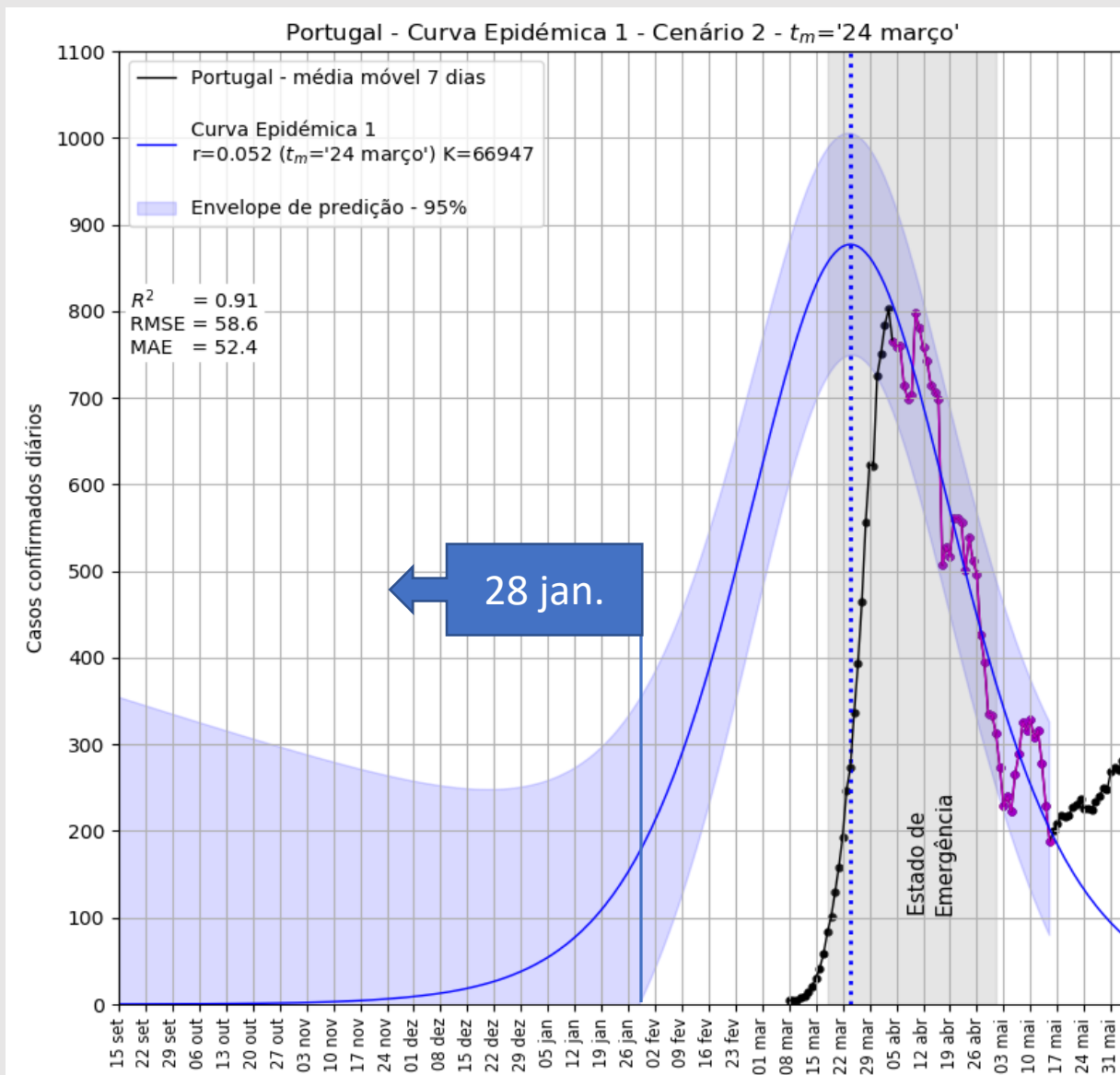
$\gamma = 5\%$
Confiança = 95%

Resultados - Curva Epidémica



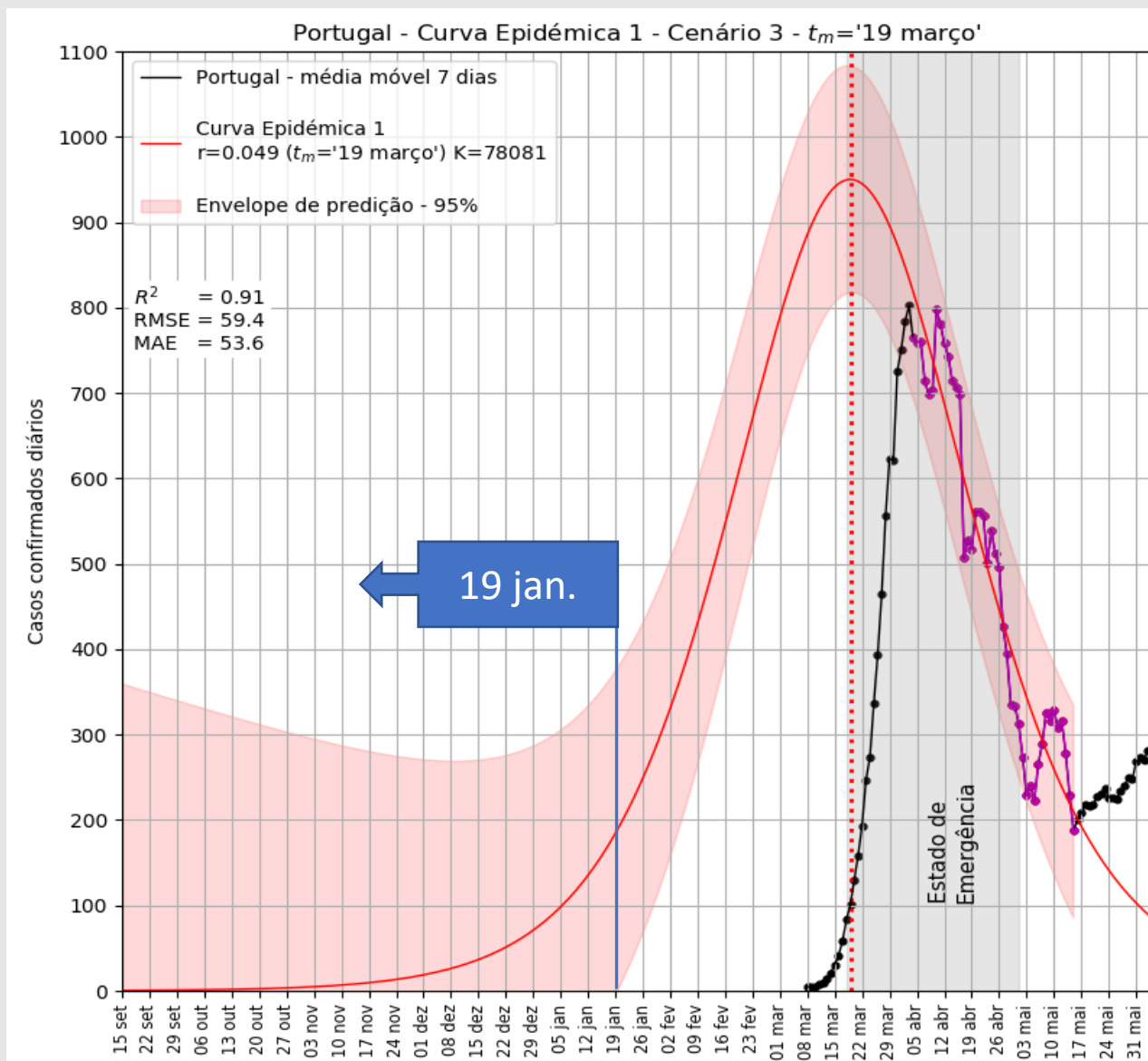
Cenário 1
“ $t_m = 29 \text{ de março}$ ”

Resultados - Curva Epidémica



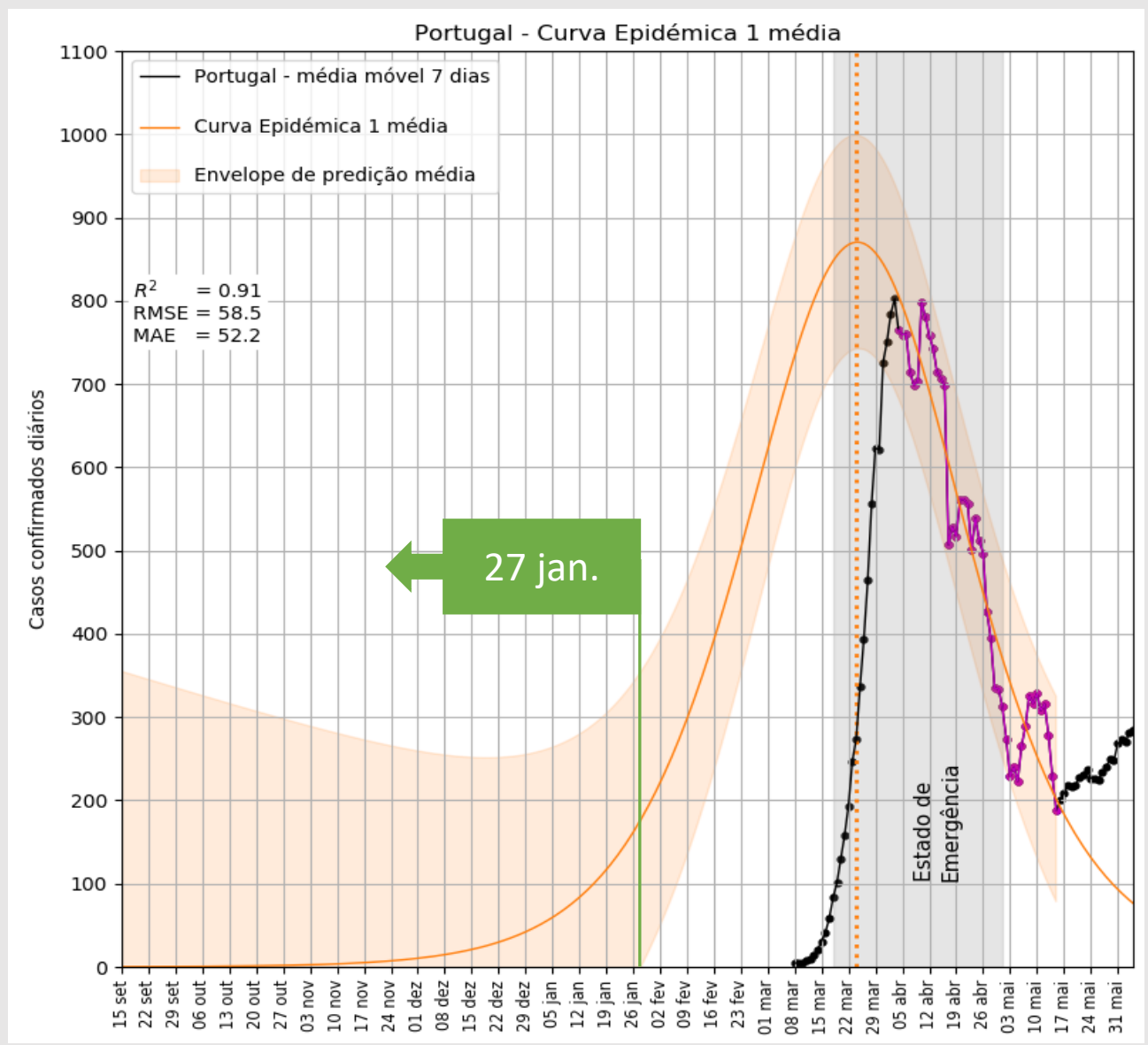
Cenário 2
“ $t_m = 24 \text{ de março}$ ”

Resultados - Curva Epidémica

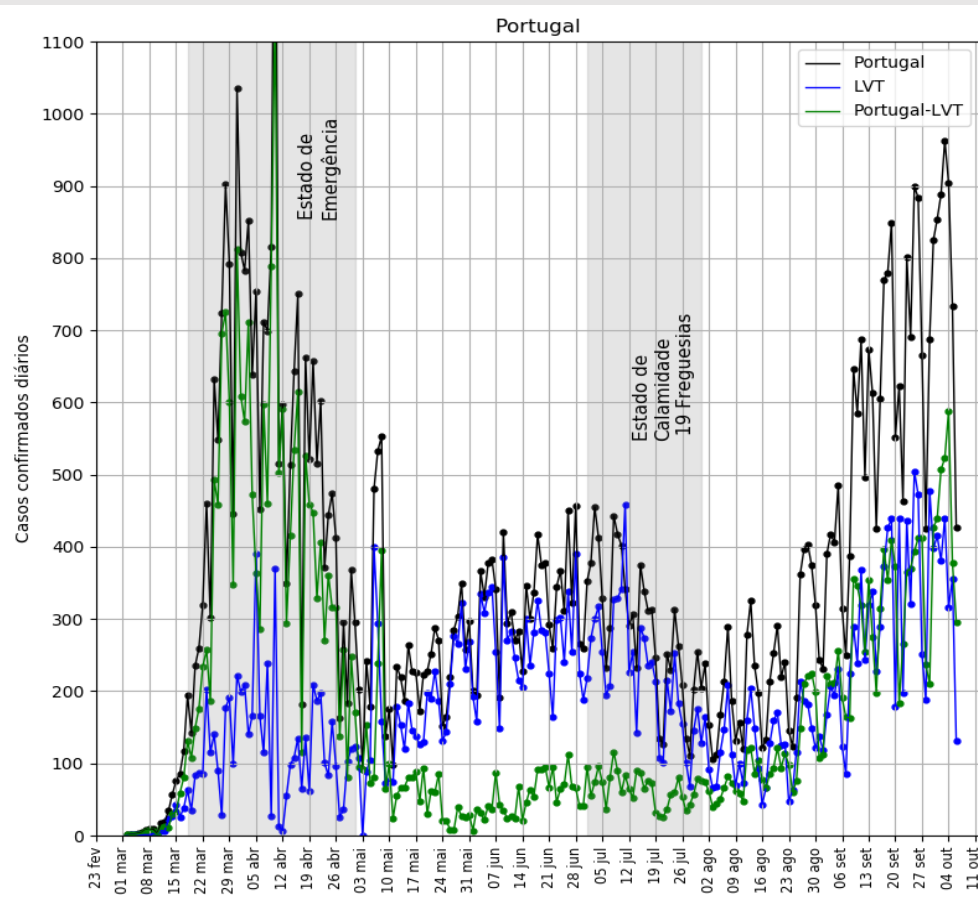


Cenário 3
“ $t_m = 19 \text{ de março}$ ”

Resultados - Curva Epidémica - Média dos 3 Cenários



Conclusões – Início da pandemia a 27 de março de 2020



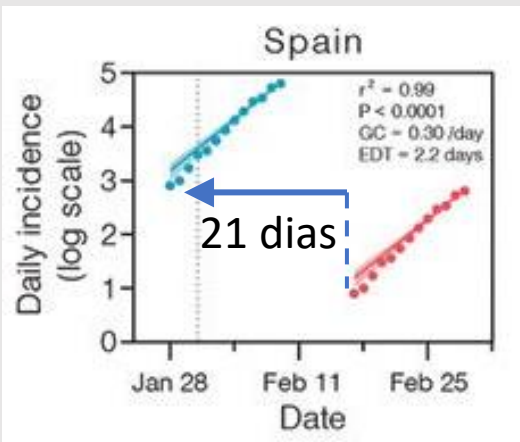
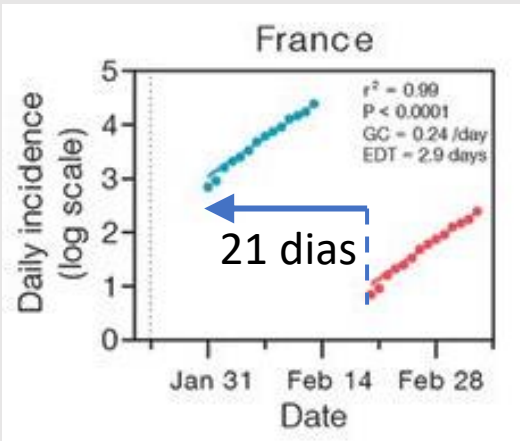
A **Curva Epidémica inicial** foi muito influenciada pela região norte e centro do país.

Limitações do modelo

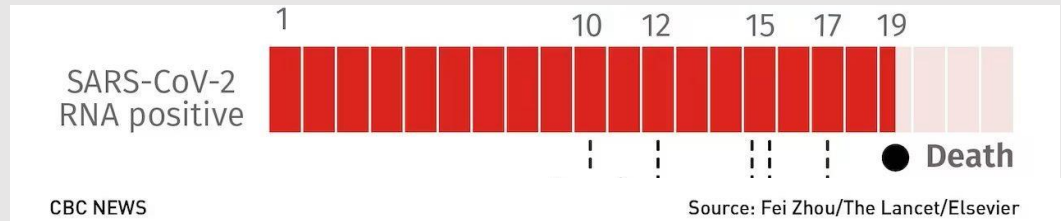
- Possível redução de contágios imposta pelo **confinamento** a partir do dia 18 de março de 2020.
- Em março e em abril houve com **atraso irregular nas notificações**.
- Não foi possível olhar para a evolução das **datas de início dos sintomas** que representam com maior precisão a evolução da doença.

Fernando C. Batista, Americo Cunha Jr., Inferência dos Estágios Iniciais da COVID-19 em Portugal. XXIII Congresso Brasileiro de Automática (CBA 2020), Nov 2020, Congresso Virtual, Brazil.
<https://hal.science/hal-02975810v2>

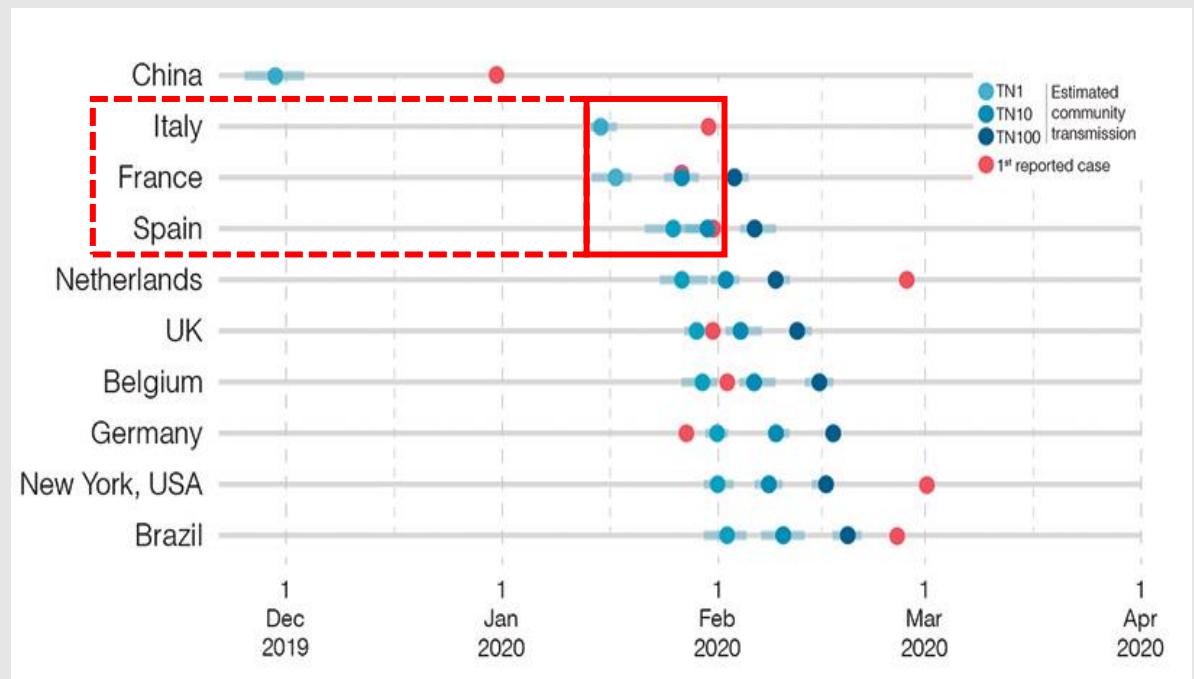
Delatorre, Edson et al., Tracking the onset date of the community spread of SARS-CoV-2 in western countries, 2020, DOI: 10.1590/0074-02760200183.



Óbitos



1º Contágios na última quinzena de janeiro



Borges, V., Isidro, J., Trovão, N.S. et al. SARS-CoV-2 introductions and early dynamics of the epidemic in Portugal. *Commun Med* 2, 10 (2022). <https://doi.org/10.1038/s43856-022-00072-0>

“Although most introductions were estimated to have occurred during early March 2020, it is likely that SARS-CoV-2 was silently circulating in Portugal throughout February, before the first cases were confirmed.”

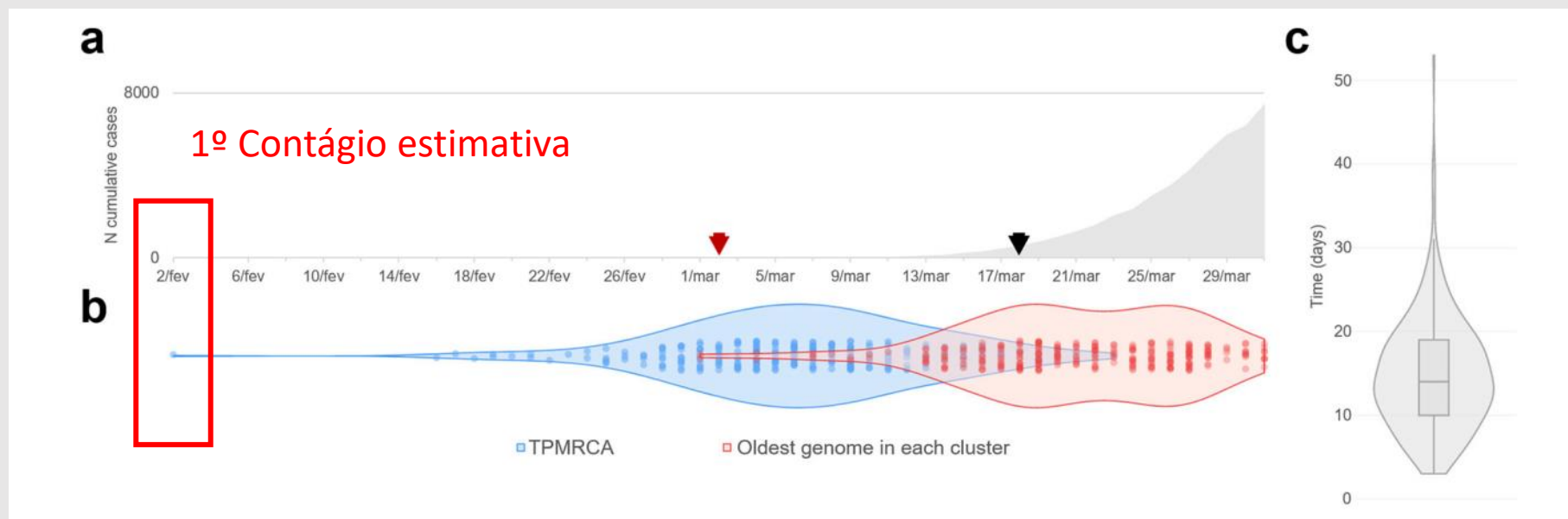
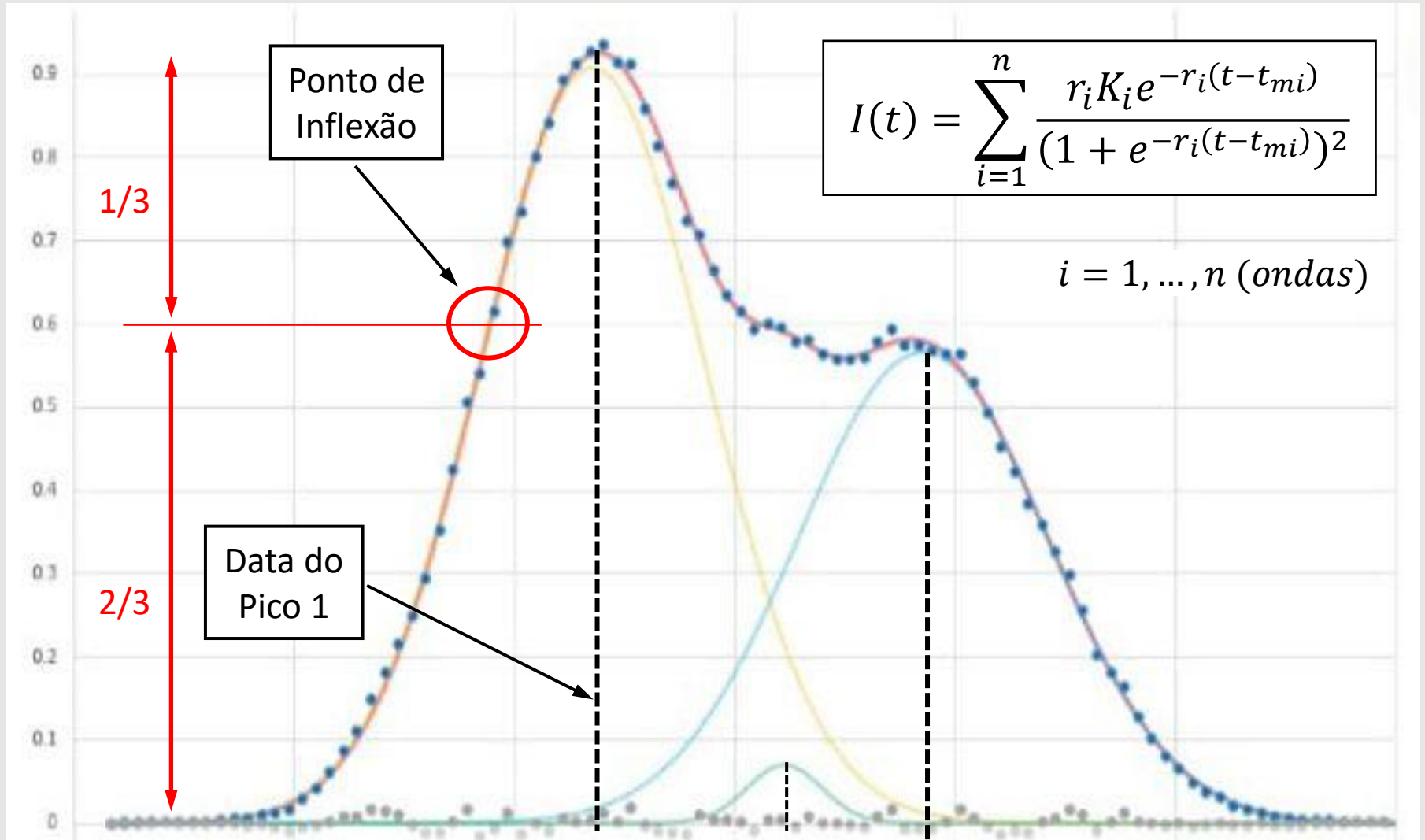


Fig. 6 Cryptic transmission of SARS-CoV-2 in Portugal revealed by genomic epidemiology. **a** Number of cumulative cases over time (red and black arrows indicate the date of notification of the first COVID-19 case detected in Portugal and the start of the general lockdown, respectively) **b** Violin plots represent the date of sample collection of the oldest genome in a Portuguese clade (red) and the times for the parent nodes of the most recent common ancestors (TPMRCA in blue) for each of the 277 inferred introductions. **c** Violin and box plots depict the time lag between the introduction and the first surveilled genome for all 277 clusters.

Curva Epidémica total = soma de várias Curvas Epidémicas



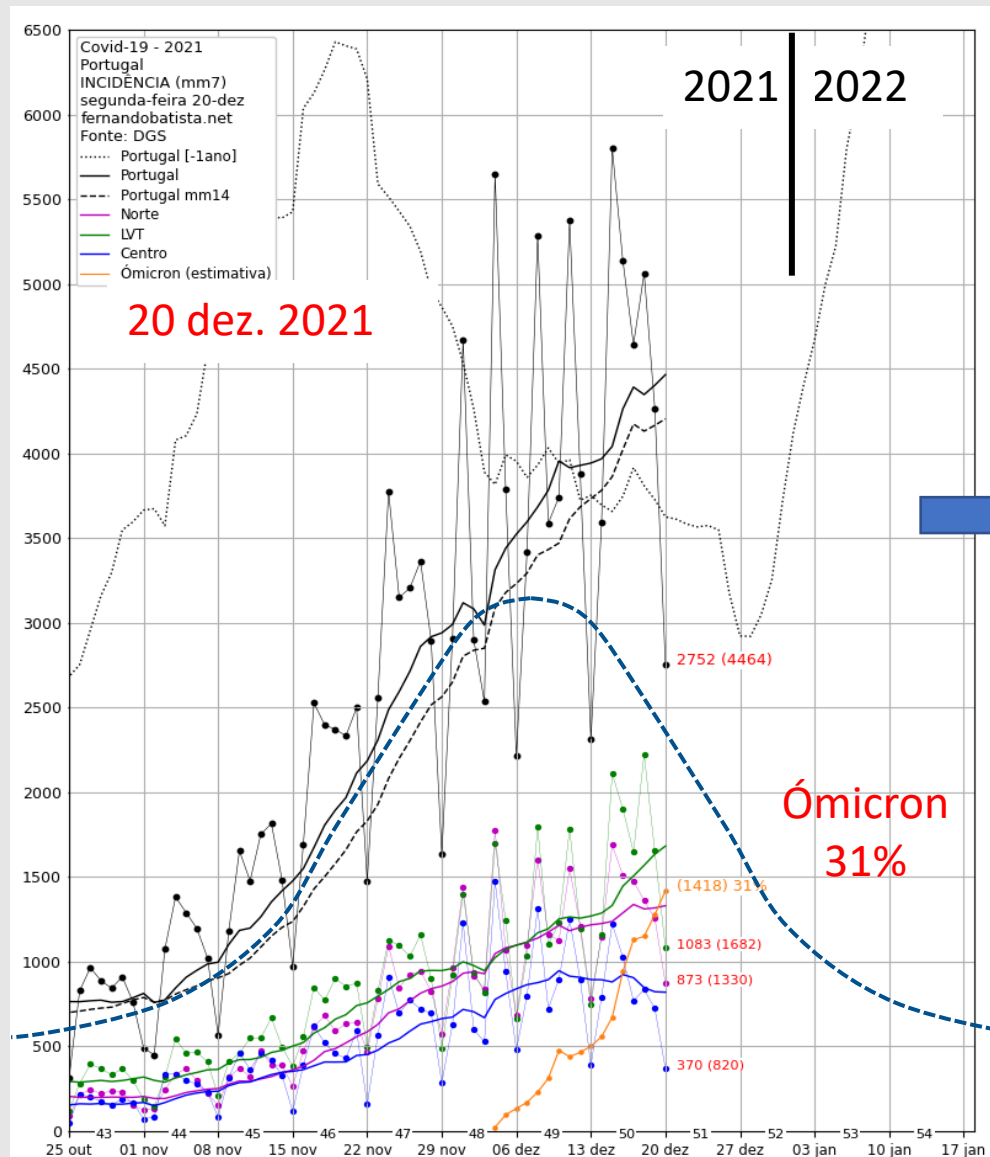
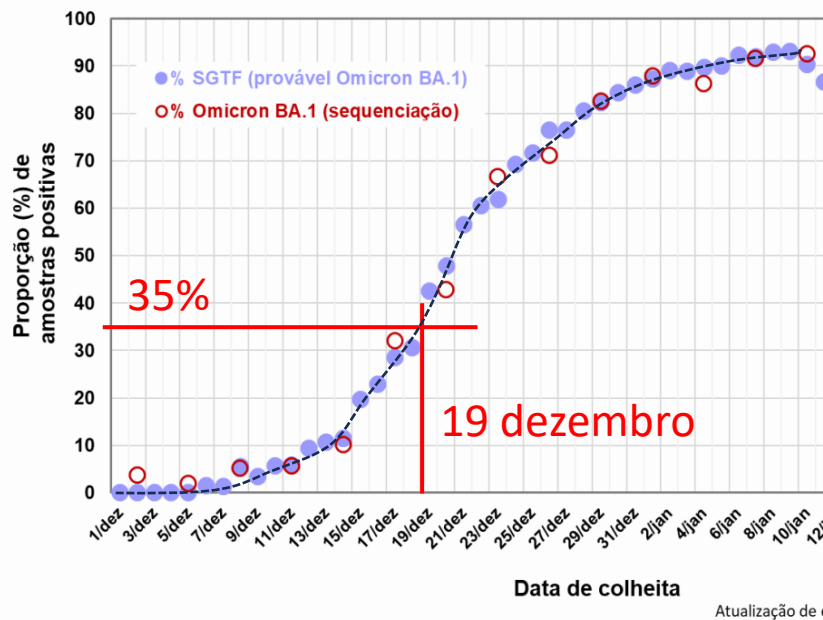
Fonte: desconhecida

Monitorização das linhas vermelhas para a COVID-19

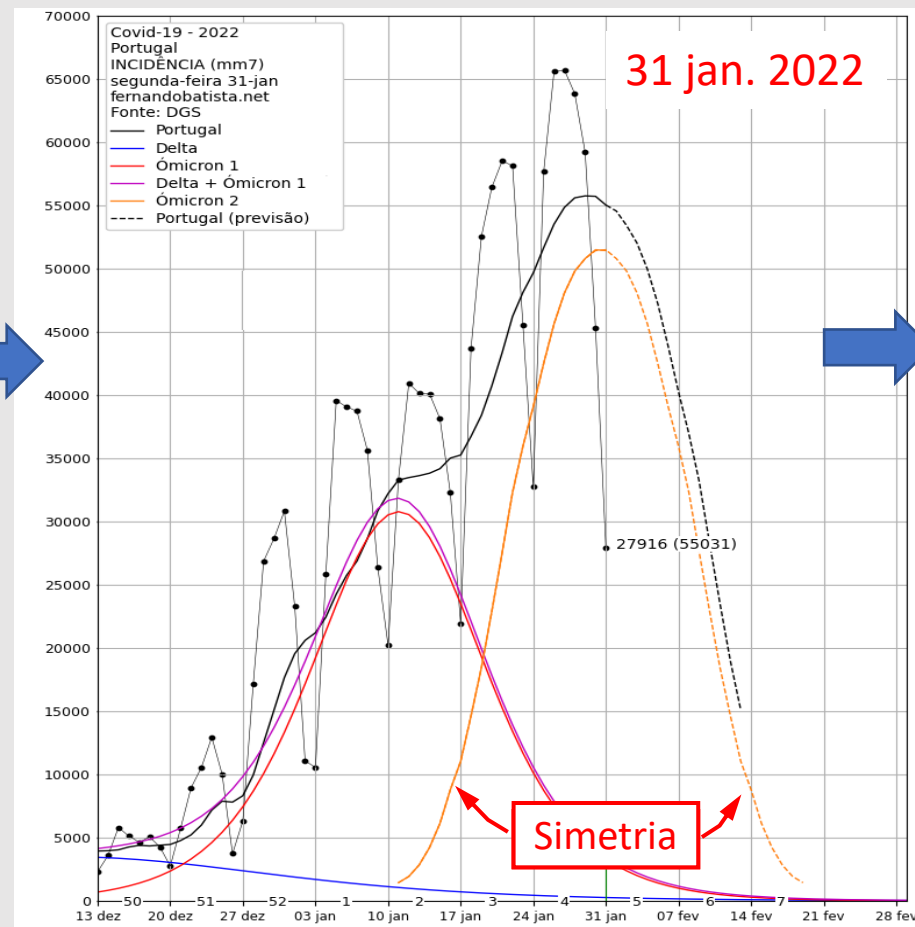
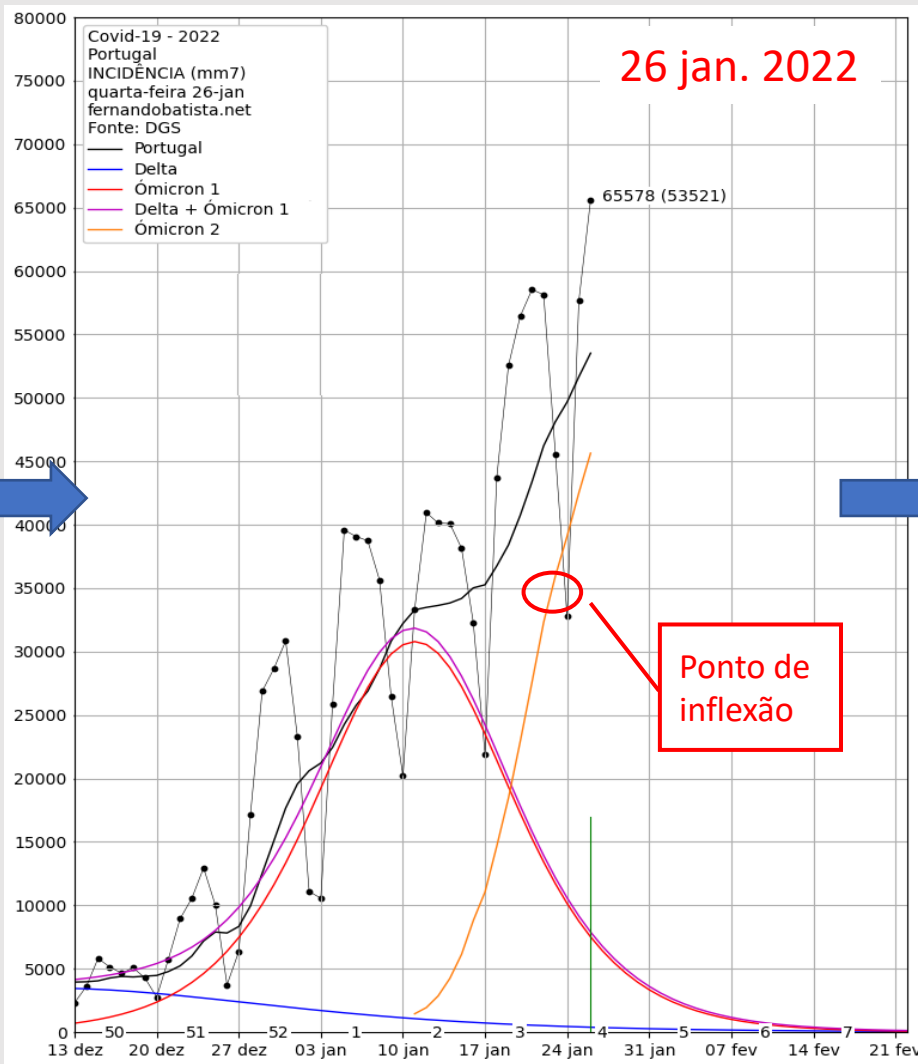
Monitoring of red lines for COVID-19

28 de janeiro de 2022

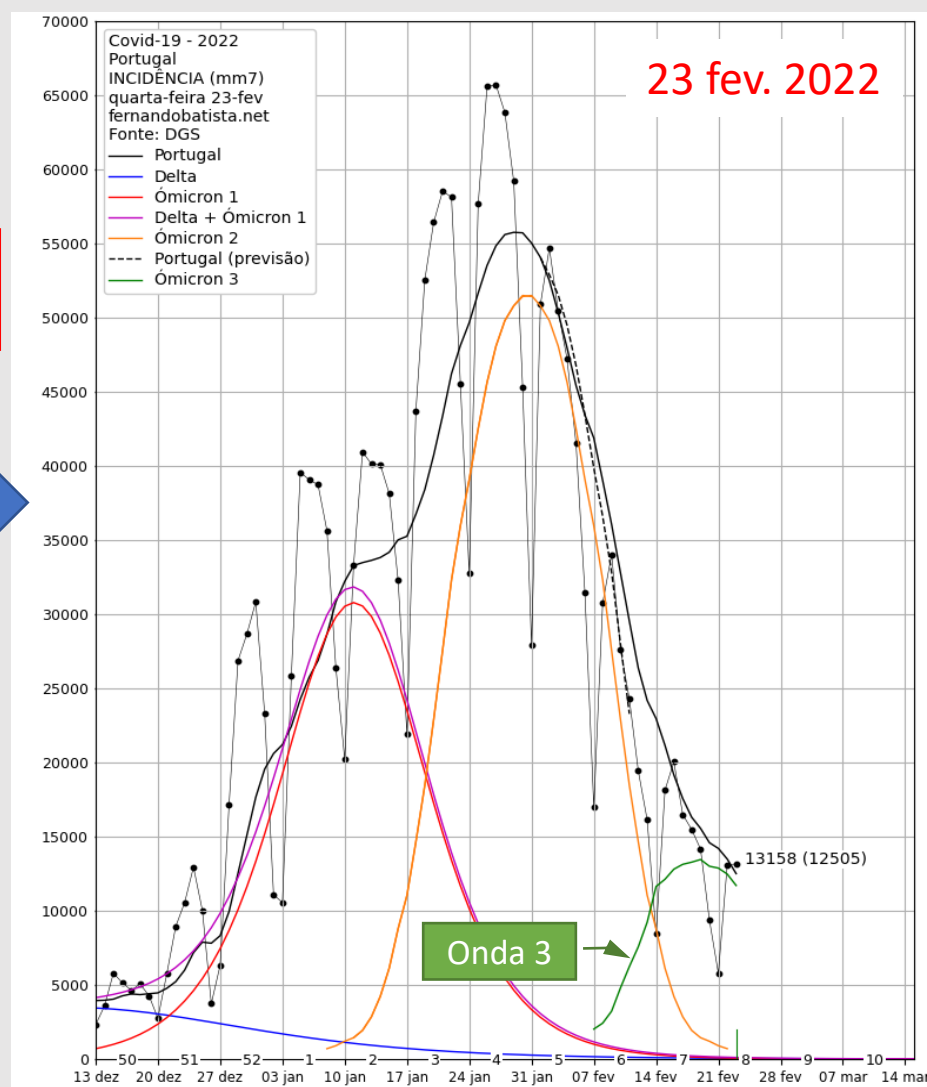
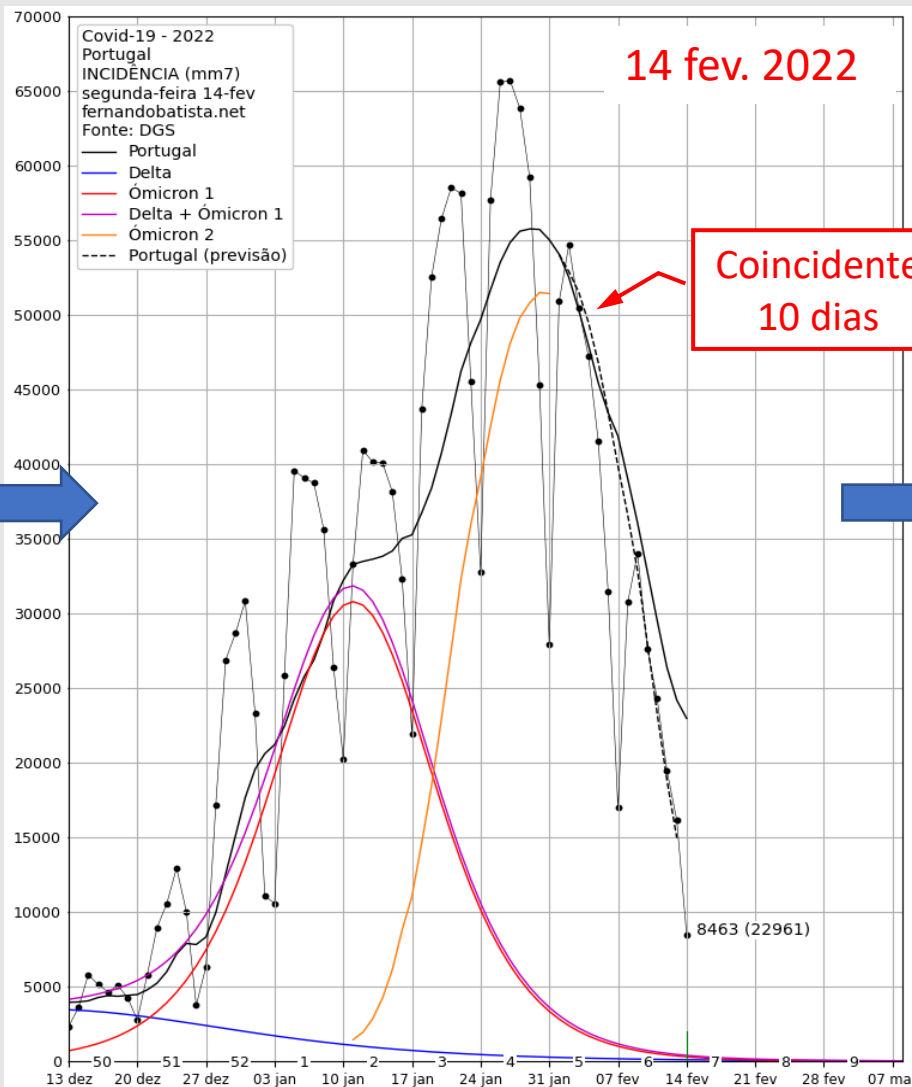
January 28th, 2022

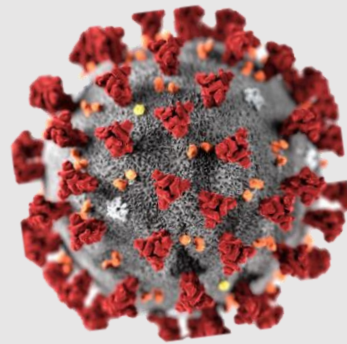
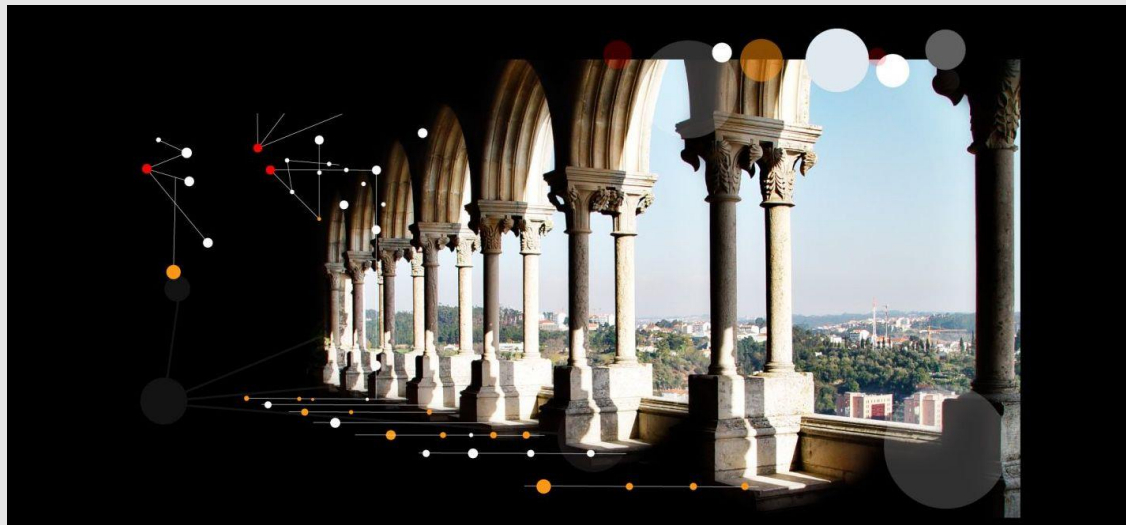


Modelação – Inverno 21/22



Modelação – Inverno 21/22





Obrigado pela atenção!

fernandobatista.net